

Trabajo Fin de Grado

El río Veral: Factores naturales y elementos del régimen fluvial. Estudio y caracterización de las crecidas y su repercusión socio-económica.

Autor/es

Víctor Ferrer Sánchez

Director/es

Miguel Sánchez Fabre

Facultad de Filosofía y Letras / Grado en Geografía y Ordenación del Territorio

Junio 2015

Índice de contenidos

1.-Introducción	3
2.- Objetivos y Metodología	4
2.1.-Objetivos.....	4
2.2.-Metodología	4
3.-Antecedentes	6
4.-Caracterización del medio natural de la cuenca de estudio	7
4.1.-Localización de la zona de estudio	7
4.2.-Topografía de la cuenca de estudio	8
4.3.-Climatología de la cuenca de estudio.....	9
4.4.-Litología aflorante en la cuenca de estudio.....	13
4.5.-Usos del suelo en le cuenca de estudio.....	16
5.-Caracterización hidrológica de la cuenca de estudio.....	17
5.1.-Caudales	17
5.2.-Variación estacional de caudal y régimen hídrico	18
5.3.-Irregularidad interanual y coeficiente de irregularidad interanual	21
6.-Fenómenos extremos: Estudio de las crecidas.....	24
6.1.-Caracterización de las crecidas en el río Veral.....	25
6.1.1.- Número de eventos de crecida.....	25
6.1.2.- Frecuencia, volumen y reparto temporal de las crecidas.....	27
6.1.3.- Tipología de las crecidas.....	31
6.2.-Principales efectos socio-económicos de las crecidas	39
7.-Conclusiones.....	41
8.-Bibliografía	42
9.-Anexos.....	45

1.-Introducción

La Comunidad Autónoma de Aragón está recorrida por una amplia red hidrográfica, (es decir un conjunto de cursos fluviales instalados en el territorio aragonés). Estos cursos, presentan una división arbitraria, (no tienen en cuenta los límites administrativos), constituyendo unidades con un carácter natural.

Todo curso fluvial, tramo o cuenca hidrográfica, aparece interconectado entre sí, o entre otras cuencas hidrográficas.

Un río, es un sistema natural que trabaja de forma eficiente, en transportar agua, sedimentos, nutrientes y seres vivos, desde todos los lugares del continente, hasta el mar, (equilibrando el ciclo hidrológico) y contribuyendo a regular el relieve y la dinámica litoral. (Ollero, A. 2015).

La red hidrográfica de Aragón, está adaptada a las grandes unidades morfoestructurales que existen en el territorio, siendo el río Ebro el corazón de este entramado fluvial, cuya cuenca hidrográfica abarca más del 88% de la superficie de Aragón. El resto del territorio se reparte entre la cuenca del Júcar y en menor medida la cuenca del Tajo. En el Ebro, desaguan la inmensa mayoría los ríos aragoneses, (independientemente de si su procedencia es pirenaica o ibérica).

El río Ebro, recibe aportes de agua procedentes de sus afluentes. Estos afluentes, se sitúan en ambas márgenes, por la margen izquierda drenan los afluentes pirenaicos, mientras que por la margen derecha lo hacen los ibéricos. Además, cabe destacar la gran disimetría que existe entre los dos tipos de afluentes, diferencias en la longitud, perfiles, extensión de sus cuencas, volumen de agua que transportan..., destacando los ríos de origen pirenaico. De los ríos de origen pirenaico destacan el Aragón, Arba, Gallego, así como el Segre y sus afluentes, mientras que los principales ríos ibéricos son el Jalón, Huerva, Aguas Vivas, Martín, Guadalope y Matarraña.

Tras haber realizado una breve explicación de cómo se articula la red hidrográfica de Aragón, procedemos a enfocar el presente trabajo:

Como ya hemos comentado anteriormente, los afluentes más importantes para el río Ebro, son los pirenaicos. En nuestro trabajo se estudiará el río Veral, (afluente del río Aragón en la margen pirenaica). En este proyecto, se analizará el medio natural de la cuenca del río, así como una caracterización hidrológica del mismo. A su vez, y como parte esencial del trabajo, se estudiarán las crecidas acontecidas en el río en el periodo que abarca de 1942-2011, su caracterización, sus causas y sus consecuencias.

2.- Objetivos y Metodología

2.1.-Objetivos

Los objetivos que se buscan con este trabajo son:

Conocer los rasgos esenciales del medio natural (clima, la topografía, la litología, y los usos del suelo), en nuestra cuenca y analizar como condicionan su funcionamiento hidrológico.

Conocer las características hidrológicas de la cuenca de estudio, (disponibilidad de agua, variación estacional de caudal, régimen hídrico e irregularidad interanual.

Estudiar y conocer los fenómenos extremos existentes en la cuenca del río Veral, centrándonos en el estudio de los eventos de crecidas, (magnitud, frecuencia, distribución estacional, tipología).

Conocer cuáles son los efectos socio-económicos, derivados de las avenidas o eventos de crecida.

2.2.-Metodología

La metodología empleada para la realización del trabajo, variará en función de los objetivos que se busquen. Como estos son diversos, también resultan muy variados los métodos y técnicas utilizados en el desarrollo del trabajo.

En primer lugar, para poder comenzar con el trabajo, ha sido necesaria la búsqueda de datos hidrológicos. A la hora de establecer una tipología o una caracterización de los elementos de una cuenca hidrológica, hay que tener muy en cuenta la procedencia de los datos, así como la cantidad de datos existentes. No todos los datos sirven, sino que únicamente se trabajará con series de datos próximas o superiores a 50 años, ya que estas reflejaran las tendencias y comportamientos de río a estudiar.

Para ello, se ha utilizado el Sistema de Información del Anuario de Aforos, herramienta desarrollada por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Esta herramienta aporta notable información hidrológica y de calidad, (ya que periódicamente se comprueban los datos). La información que aporta el Anuario de Aforos, proviene de múltiples estaciones de aforo, las cuales mandan información periódicamente. En este caso, para el trabajo a realizar, será necesario descargar una serie de datos, todos ellos expresados en m^3/seg :

Caudal medio diario en m^3/seg .

Caudal medio mensual en m^3/seg .

Caudal máximo medio diario del mes en m^3/seg .

Caudal máximo instantáneo del mes en m^3/seg .

Caudal medio anual en m^3/seg , caudal máximo instantáneo del año en m^3/seg .

Caudal mínimo medio diario del mes en m^3/seg .

Todo ello de dos estaciones de aforo diferentes: Zuriza, situada en cabecera del río Veral, y por otro lado la estación de aforo de Biniés, situada aguas abajo del mismo cauce. En la primera de estas estaciones de aforo se dispone de datos desde 1942 hasta 2011; por su parte de Biniés hay datos desde 1942 hasta 2011.

Una vez comprobada la existencia de datos, y por tanto comprobado que es factible llevar a cabo el trabajo que se pretendía, se procederá a realizar el estudio de la caracterización del medio natural de la cuenca. Para ello, se analizaran una serie de aspectos de la cuenca de

estudio, como son la localización, la topografía, la climatología, litología aflorante y los usos del suelo.

Para estudiar la caracterización del medio natural, se representarán cartográficamente la mayor parte de las variables anteriormente nombradas, pudiéndose interpretar estas, de una manera rápida y clara. La cartografía, se realizará con la programa ArcGis, mediante la utilización de la herramienta ArcMap 10.1. Antes de comenzar el proceso de cartografiar la zona de estudio, es necesaria la descarga de una serie de capas con extensión shp. La fuente de estas capas será el CNIG, dentro del IGN, (Instituto Geográfico Nacional).

Una vez descargadas las capas, se tratarán con una serie de herramientas de geoprocésamiento, (merge, clip...), además de establecer una serie de reclasificaciones de los datos, tanto en la zona de estudio, como para tratar los datos de cara a obtener los objetivos generales.

Por su parte, la litología aflorante en la cuenca de estudio, se obtendrá del mapa geológico 1:100000 del Ministerio de Medio Ambiente, elaborado por Confederación Hidrográfica del Ebro para el Plan Hidrológico de la Cuenca del Ebro en 1998. Para descargarlo, se accederá al SITEBRO, una vez aquí, es necesario acudir al geoportal CARTOGRAFÍA, el cual te redirecciona al MAPA GEOLÓGICO (PLAN HIDROLÓGICO 1998).

El siguiente paso será el estudio de las características hidrológicas de la cuenca del río Veral. Para ello, se utilizarán los datos obtenidos del Anuario de Aforos. Estos datos, se tratarán con el programa Microsoft Office Excel, obteniendo así una serie de variables hidrológicas, como son la caudaliosidad, la curva de variación estacional de caudal, el régimen hídrico, la irregularidad interanual y el coeficiente de irregularidad. Una vez calculados todos estos parámetros, se expondrán gráficamente.

La obtención de estos datos se llevara a cabo de la siguiente manera:

- A partir del caudal medio mensual, se obtendrá la curva de variación estacional de caudal.
- Utilizando el caudal medio anual, se conocerá la irregularidad interanual.

La metodología en este punto, se centrará en el análisis de los fenómenos extremos, concretamente las crecidas. Para ello, se trabajarán de nuevo los datos provenientes del Anuario de Aforos con el programa Microsoft Office Excel. Una vez tratados, se obtendrán:

- A partir de los datos medios diarios, (el número de eventos de crecida que superan por 3 por 5 por 10 y por 25 el módulo¹), así como un gráfico de la distribución de estas crecidas.
- Con el caudal máximo instantáneo mensual, (los datos clasificados por colores por 3 por 5 por 10 por 25), y un gráfica de la distribución.
- Utilizando el caudal máximo Instantáneo mensual, se obtendrá una tabla que contiene las crecidas clasificadas por intensidad.
- Además, se contabilizará el número de crecidas, se clasificarán por meses, y se contabilizará el número de días que dura la curva de ascenso y el total de días que dura el evento de crecida, es decir el hidrograma de crecida.²

¹ **Módulo:** Cantidad de agua que circularía por un curso fluvial, si siempre circulara por ese río la misma cantidad de agua. El módulo, reparte equitativamente todo el volumen de agua, es una cifra técnica, la cual permite ver como se distribuye el caudal anualmente. (Sánchez, M. 2014. *"Apuntes de Hidrogeografía"*. Grado en Geografía y Ordenación del Territorio). Valor teórico equivalente al caudal medio anual, pero extraído de una serie estadística de observaciones suficientemente representativas. Se expresa en m³/seg. (Puyol et al. 1986. *"Diccionario de geografía"*. Editorial: Anaya).

² **Hidrograma de crecidas:** Un hidrograma de crecida típico, consta de una curva de ascenso, una cresta de crecida, una curva de descenso y una curva de agotamiento. Todo ello acontecido en un periodo de tiempo denominado tiempo básico. **Anexo 1**

- Se clasificarán las crecidas en crecidas de corta duración, (menos de 20 días de ascenso), y crecidas de larga duración, (aquellas que tengan más de 20 días de ascenso), además de clasificarlas por meses.
- Por último, se representarán las crecidas gráficamente: dos crecidas cortas, (menos de 20 días de ascenso), que multipliquen el módulo por 3 y dos largas, (más de 20 días de ascenso), y del mismo modo para crecidas que multipliquen el módulo por 5 por 10 y por 25.

Tras el análisis de los elementos del medio natural de la zona de estudio, el estudio de las características hidrológicas, y el estudio y caracterización de los fenómenos de crecidas en el río Veral, se establecerá una clasificación de las crecidas, y se intentará conocer cuáles son los efectos socio-económicos, derivados de las avenidas o eventos de crecida. Para ello, se consultarán noticias relacionadas con el tema.

Finalmente, el trabajo se concluirá con unas conclusiones finales, las cuales permitan conocer y resumir todo el trabajo realizado.

3.-Antecedentes

Cualquier curso fluvial, experimenta algún tipo de crecida a lo largo de su historia. Estos fenómenos, forman parte de un comportamiento natural que marca su dinámica. Las crecidas, pueden ser de diferente magnitud, (alcanzando como nivel máximo las crecidas de carácter extraordinario), las cuales provocan desbordamientos y en ocasiones daños materiales e incluso humanos. La cuantía de estos daños, está condicionada principalmente por el factor exposición. En la actualidad, el factor exposición, se ha visto incrementado, (ya que se da una sensación de falsa seguridad en torno a estos cursos fluviales), debido a la escasez de crecidas. Además, se han desarrollado notables avances tecnológicos como SAIH así como proyectos y planes de gestión de crecidas. Pese a estos avances, las crecidas seguirán dándose por lo que es necesario dejar actuar a los cursos fluviales.

El seguimiento de las crecidas, es uno de los principales temas de estudio en hidrología, desde el punto de vista de la geografía, ya que en ocasiones, las crecidas generan una serie de daños, socioeconómicos, especialmente en la vertiente mediterránea, (gran variación estacional de caudal, y presencia de fuertes tormentas). Por ello, existen gran cantidad de publicaciones y trabajos al respecto: (Camarasa y Mateu, 2000; Chastagnaret y Gil Olcina, 2006; Tarolli et al., 2012; Terranova y Gariano, 2014). En el caso de España, una de las cuencas que más problemas de crecidas experimenta, es la cuenca del río Ebro, y especialmente en los últimos años, la parte pirenaica. Es necesario por tanto, aplicar y elaborar Planes de inundaciones, a partir de la Directiva Europea 2007/60/CE relativa a la evaluación y gestión de los riesgos de inundación, traspuesta a España por el Real Decreto 903/2010. En torno a esta problemática, también existen gran cantidad de publicaciones: (García Ruiz et al. 1983 y 2001; Beguería et al., 2003; López-Moreno et al., 2006; Acín et al., 2012; Serrano-Muela, et al., 2013) y el Ebro Medio (Ollero, 1992; Bescós, 2003; Ollero et al., 2004; Losada et al., 2004; Bescós y Camarasa, 2004; Ollero, 2007; Espejo et al. 2008).

El objetivo principal de este trabajo, es analizar las crecidas del río Veral, (uno de los principales afluentes del río Aragón), estudiando su comportamiento hidrológico, y las características del medio natural. Además, se intentará establecer una tipología de crecidas, así como conocer los efectos socio-económicos derivados de estas.

4.-Caracterización del medio natural de la cuenca de estudio

4.1.-Localización de la zona de estudio

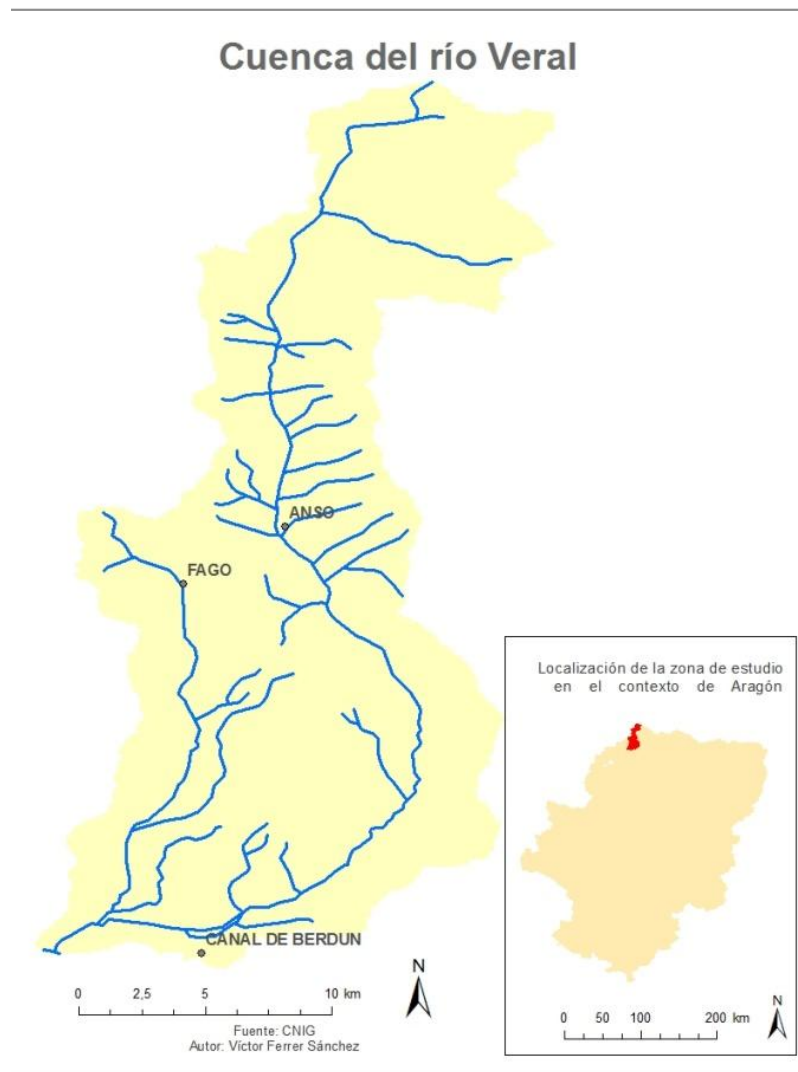


Figura 1: Mapa de localización cuenca del río Veral. Fuente CNIG. Elaboración: Víctor Ferrer Sánchez

Localizado al norte de la Comunidad Autónoma de Aragón, concretamente en la comarca de la Jacetania, el río Veral es uno de los principales afluentes del río Aragón. Tiene su origen en las faldas del pico Pinare II, aunque no se le denomina como río Veral hasta que atraviesa el Valle de Zuriza. Desde ahí, recorre unos 40 km hasta desembocar en el río Aragón.

Durante su recorrido, atraviesa una serie de gargantas, de las que destaca la Foz de Biniés. Antes de desembocar en el Aragón, atraviesa la Canal de Berdún, dónde recibe el aporte del río Majones.

La principal población existente en la zona, es Biniés, (perteneciente al municipio de Canal de Berdún). Las coordenadas UTM de la zona son: 30 T 0681609 424153, mientras que las Hojas M.T.N, a escala 1:50000 son las 117, 118, 143, 144, 175 y 176.

4.2.-Topografía de la cuenca de estudio

Para conocer como es, y estudiar la topografía de la cuenca del río Veral, es necesario representar cartográficamente dicho espacio. La representación, se ha llevado a cabo utilizando las curvas de nivel. El siguiente paso, ha sido la reclasificación en 4 categorías, de tal manera que pueda interpretarse con un simple golpe de vista.

La clasificación que se ha establecido para la topografía de la cuenca del río Veral, ha sido la siguiente: 0-800, de 800-1200, de 1200-1800 y más de 1800. Se considera una categorización adecuada, ya que a partir de 1800 metros, es el límite para catalogar un espacio como alta montaña.

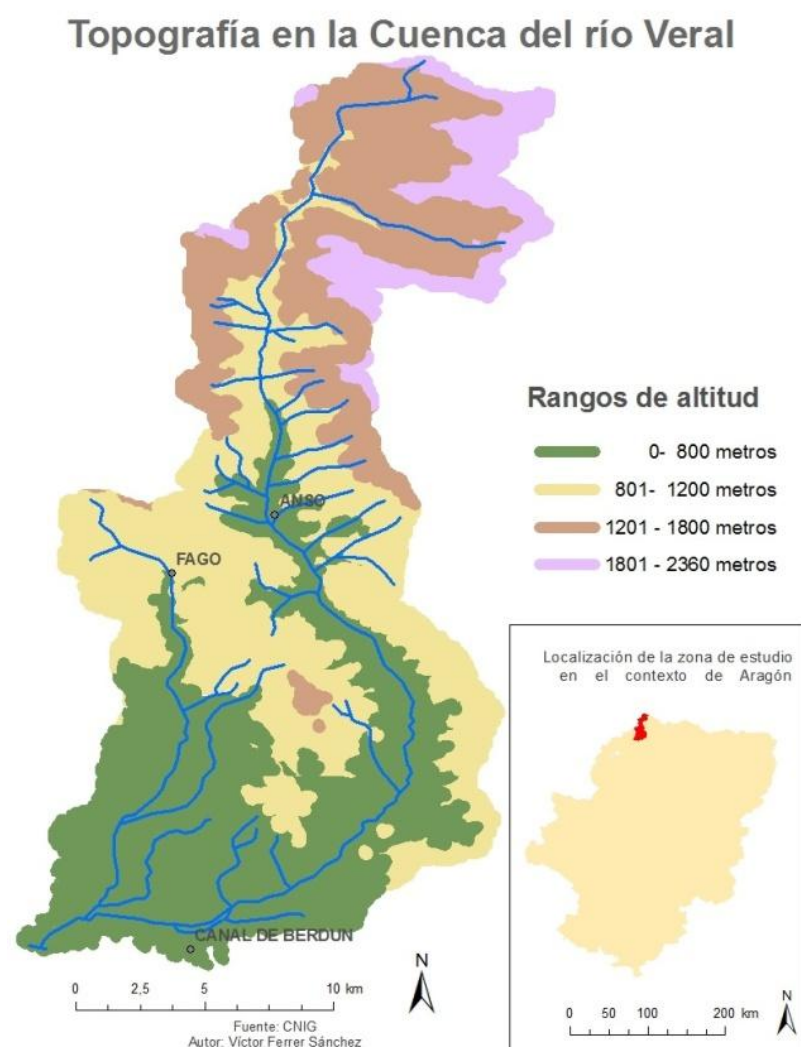


Figura 2: Mapa topográfico cuenca del río Veral. Fuente: CNIG.

Elaboración: Víctor Ferrer Sánchez

Como se aprecia en la cartografía, la zona de estudio se caracteriza por la gran variación altitudinal, ya que la cota máxima se localiza en los 2360 metros, mientras que la cota mínima alcanza únicamente los 530 metros sobre el nivel del mar, (1860 metros de desnivel).

El río Veral, nace en una zona de alta montaña, concretamente en el Pico Pinare II, de más de 2000 metros. Continúa su descenso por el valle de Zuriza, hasta alcanzar la Canal de Berdún, donde se une al Aragón. La cota se reduce tanto, ya que el río Aragón ha ido encajando con el paso de los años. Es importante hablar además de las pendientes existentes en la cuenca del río Veral. Estas, se caracterizan por ser muy elevadas, especialmente en cabecera y en el tramo medio. Conforme el río Veral va descendiendo hacia el río Aragón, las pendientes de suavizan, al llegar a la Canal de Berdún.

4.3.-Climatología de la cuenca de estudio

Para estudiar la climatología de la cuenca de estudio, se analizarán tres aspectos: temperaturas, precipitaciones y balances hídricos. Para ello, se ha creído necesario tomar como referencia los principales municipios de zona de estudio, en este caso Canal de Berdun, Ansó y Valle de Hecho. Tras consultar el Atlas Climático de Aragón, se obtuvieron los siguientes resultados:

A continuación, se muestra una tabla que recoge las principales características climáticas de la zona de estudio, para los tres puntos analizados.

Variable estudiada	Canal de Berdun	Ansó	Valle de Hecho
Balance hídrico (mm)	-514.26	332.50	163.27
Evapotranspiración Potencial (mm)	1287.25	766.61	1102.57
Precipitación (mm)	772.99	1099.12	1265.85
Temperatura max. (°C)	18.93	15.03	14.60
Temperatura min. (°C)	5.72	4.42	3.62
Temperatura media (°C)	12.32	9.75	9.11
Altitud punto de referencia (m)	557	978	1425

Tabla 1: Recopilación de datos climáticos. Fuente: Atlas Climático de Aragón. Elaboración: Víctor Ferrer Sánchez

La tabla, muestra información climática de tres puntos. Como se observa, existen notables diferencias entre ellos pese a su cercanía. Los datos, se han tomado teniendo en cuenta el gradiente altitudinal, de tal modo que el punto de referencia en el Valle de Hecho se encuentra a mayor altitud que el punto de referencia en el Valle de Ansó y por supuesto que la Canal de Berdun.

A continuación se muestran unas capturas de pantalla de la zona de estudio, obtenidas del Atlas Climático de Aragón, gracias a las cuales se observan las variables estudiadas:

Estudiando el balance hídrico en la zona, se observa como en los puntos con mayor altitud es positivo, mientras que en las zonas con menor altitud, (como es la Canal de Berdun), el balance hídrico pasa a ser negativo, únicamente en las épocas de verano, donde hay ausencia de precipitaciones.

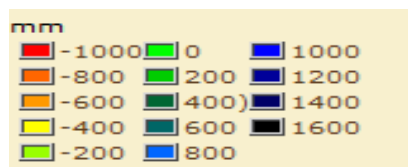
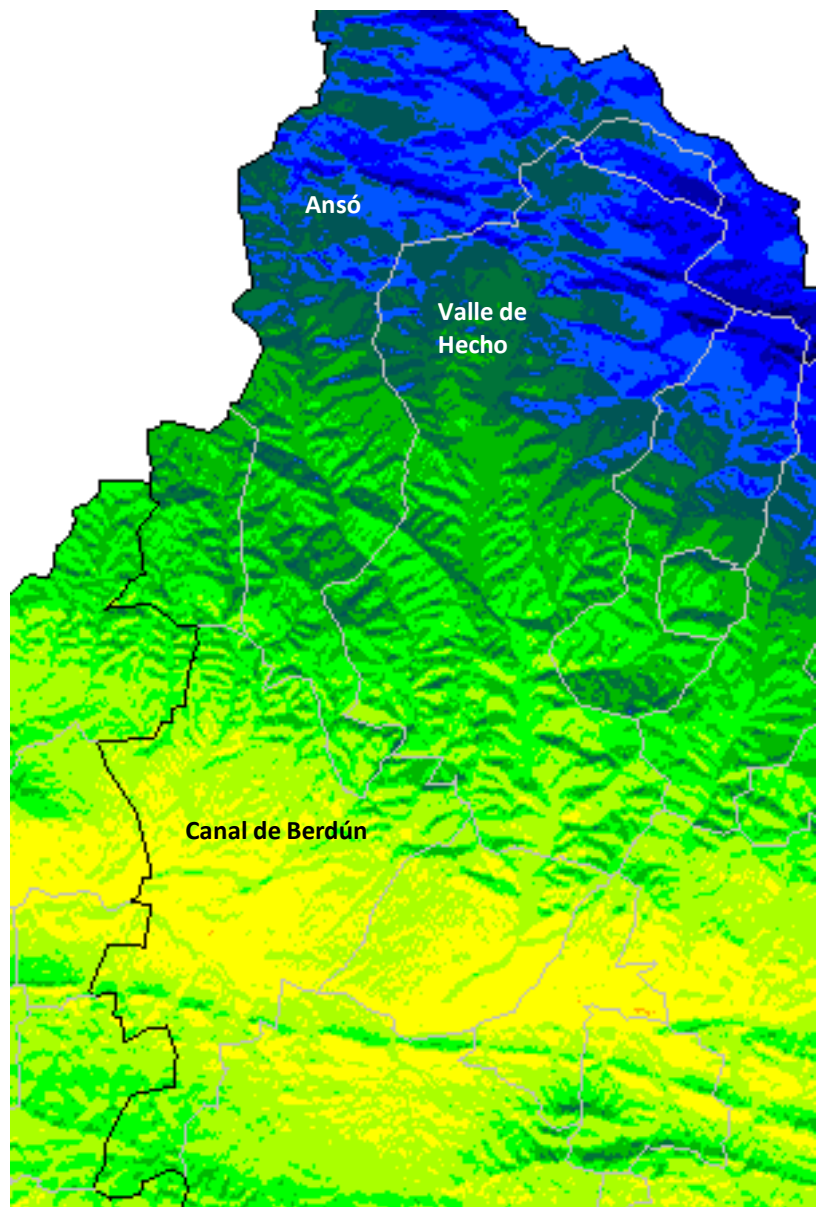


Figura 3: Balance hídrico en la cuenca del río Veral.

Fuente: Atlas Climático de Aragón.

Elaboración: Víctor Ferrer Sánchez



Las precipitaciones por su parte, experimentan un fenómeno semejante, con máximos en las cotas más elevadas y mínimos conforme se desciende en altitud. Como la zona de estudio se localiza a una altitud considerable, las precipitaciones se concentraran en la época invernal y primavera, siendo estas en su mayoría en forma de nieve, (especialmente en cabecera). No hay que descartar la presencia de alguna tormenta veraniega.

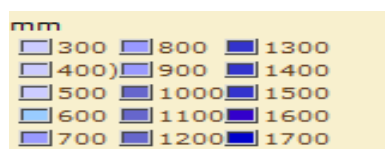
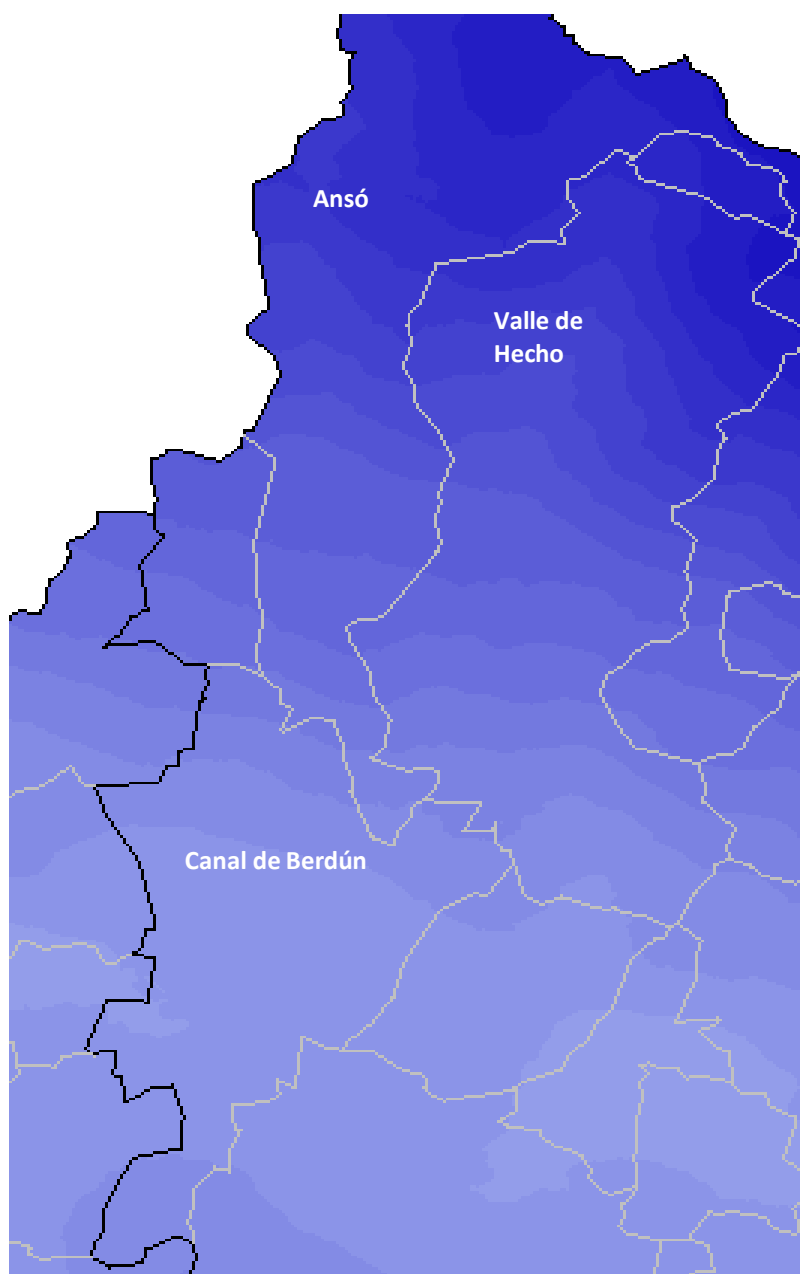


Figura 4: Precipitaciones en la cuenca del río Veral. Fuente: Atlas Climático de Aragón. Elaboración: Víctor Ferrer Sánchez



En el caso de las temperaturas, están son mayores en las zonas de menos altitud. A pesar de ello, es conveniente recordar que la zona de estudio se encuentra en pleno Pirineo, por lo tanto las temperaturas en verano son suaves, mientras que en invierno, las temperaturas son bastante bajas.

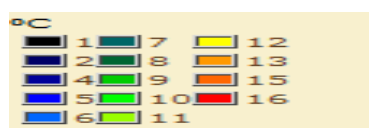
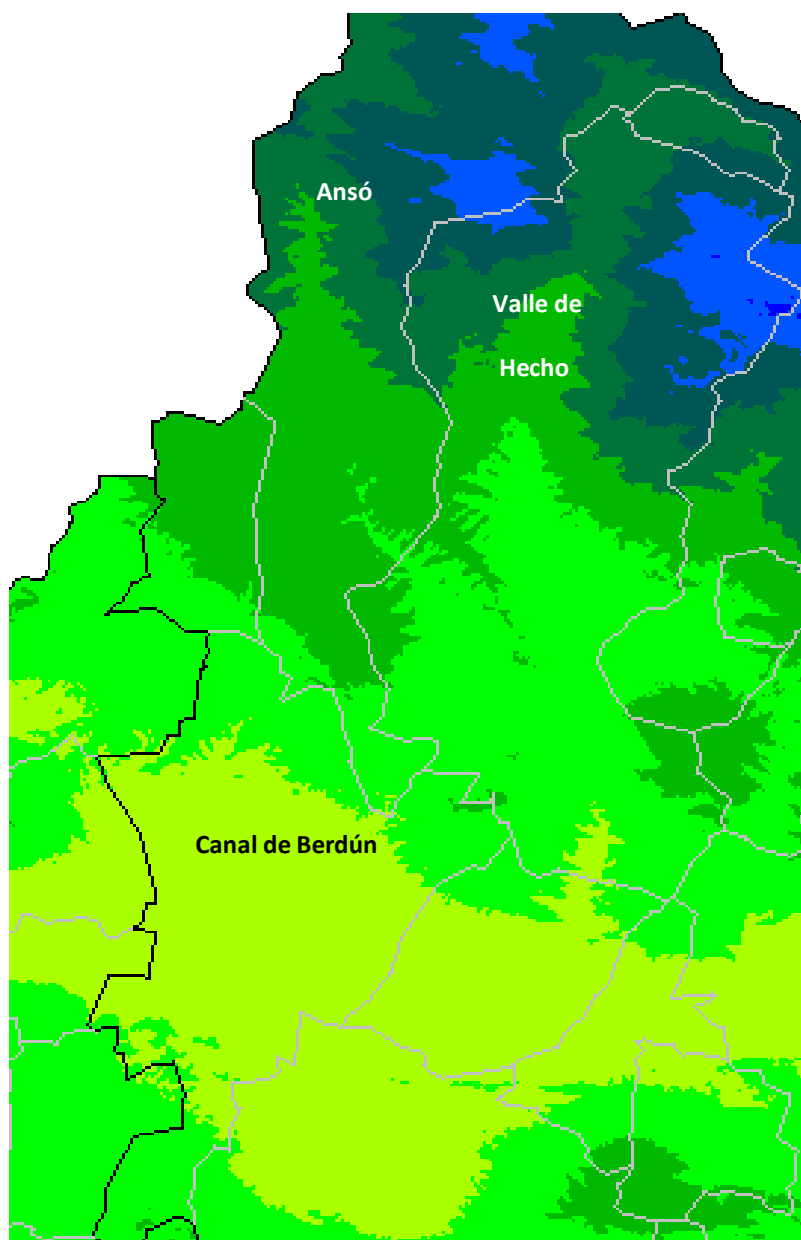


Figura 5: Temperaturas en la cuenca del río Veral.

Fuente: Atlas Climático de Aragón.
Elaboración: Víctor Ferrer Sánchez



4.4.-Litología aflorante en la cuenca de estudio

Otro factor a tener en cuenta, es la litología de la que está formada la cuenca de estudio. Para conocerla, se utilizará el mapa geológico del Ministerio de Medio Ambiente, elaborado por Confederación Hidrográfica del Ebro para el Plan Hidrológico de la Cuenca del Ebro de 1998.

Cuando se conoce la litología existente en una cuenca, se puede predecir el comportamiento que seguirán los ríos localizados en esta, ya que no todas las rocas se comportan de la misma forma, sino que su comportamiento estará condicionado por el grado de porosidad, (él % de volumen de una roca, el cual se identifica con huecos), y la permeabilidad, (o capacidad de la roca para transmitir agua), la cual está condiciona por el tamaño de las diaclasas, fracturas y granos.

Por ejemplo, en las calizas, funcionará el proceso de percolación, en cambio en las arcillas, funcionará la escorrentía superficial, (lo que implica un mayor riesgo de inundaciones).

Tras realizar una breve explicación, se procederá a analizar las características litológicas de la cuenca de estudio, permitiendo conocer el comportamiento que seguirán los cursos de agua.

Para ello, resulta imprescindible la representación cartográfica de la zona, la cual se expone a continuación:

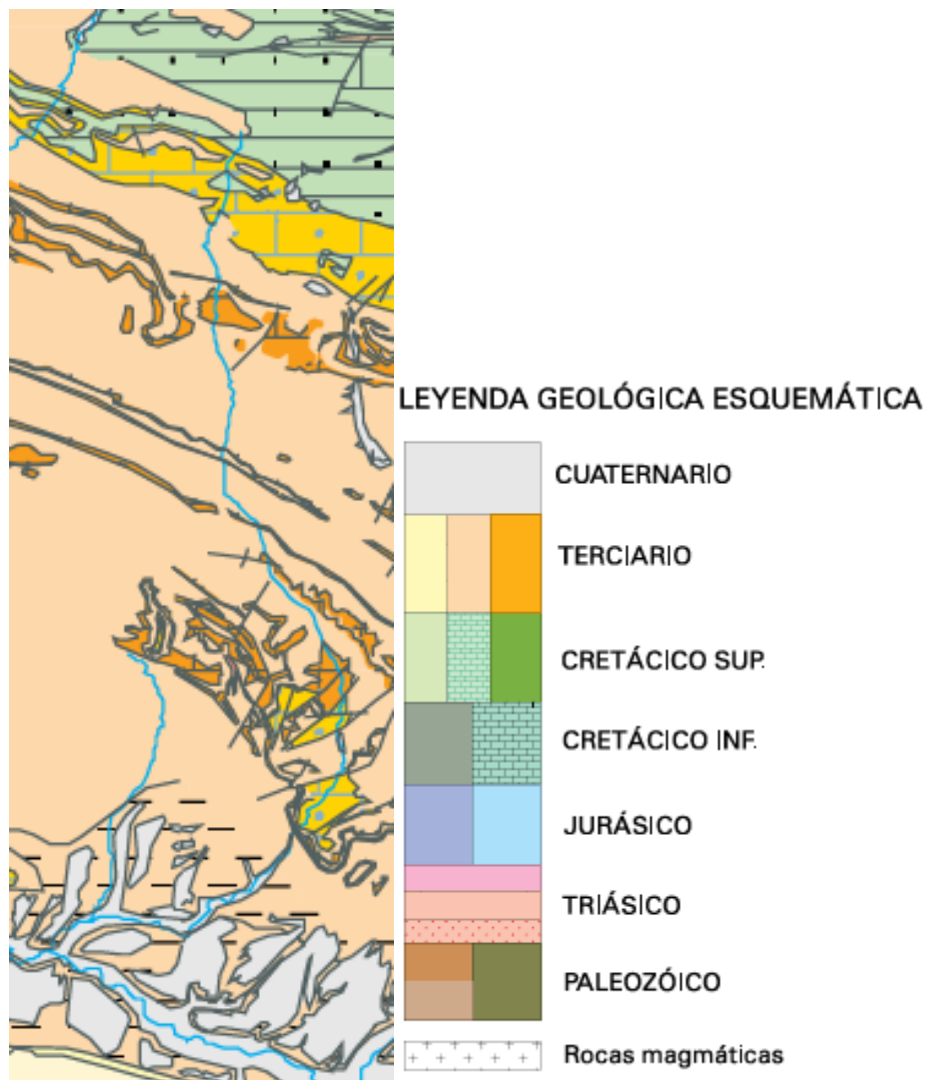


Figura 6: Litología predominante en la cuenca del río Veral, mapa geológico. Fuente: Ministerio de Medio Ambiente. Elaboración: Confederación Hidrográfica del Ebro (Plan Hidrológico de la Cuenca del Ebro 1998).

Como se puede observar en la **Figura 6**, la cuenca del río Veral, atraviesa diferentes formaciones litológicas a lo largo de su descenso hacia el río Aragón.

En cabecera, se observan alternancia de materiales del periodo Cretácico, (generalmente material de tipo calcáreo), en los cuales funcionaran los procesos de infiltración, debido a la presencia de formaciones carbonatadas y su disolución, con materiales de la era Terciaria, (que predominan por toda la cuenca). Estos materiales son de tipo detrítico o turbidítico de la facies flysch del Eoceno. En este caso, los materiales detríticos, (en los que predominan las arcillas), favorecerán el funcionamiento de procesos de escorrentía superficial. El río Veral, en su descenso, atraviesa una serie de relieves suaves, (nos encontramos al sur de las Sierras Interiores Pirenaicas), donde destacan crestas calcáreas del Paleoceno, (como las calizas en la

Foz de Biniés). El río Veral, forma además una estrecha garganta, (la cual corta el Anticlinal de la Foz de Biniés). En este punto, afloran calizas paleocenas-eocenas con alternancia de sustrato detrítico. En su desembocadura, el río Veral atraviesa una zona de material de la era Cuaternaria, también de tipo detrítico.

La tectónica de la zona se caracteriza por la existencia de pliegues y cabalgamientos. Su flanco norte, aparece inclinado al nordeste, mientras que el flanco sur se muestra más vertical.

Por lo tanto la cuenca del río Veral, se verá afectada principalmente por dos tipos de procesos hídricos, como son la infiltración, (en zonas con material calizo), y la escorrentía superficial, en los espacios con material detrítico.

4.5.-Usos del suelo en la cuenca de estudio

El siguiente factor del medio natural a tener en cuenta, es el uso del suelo. La ocupación y usos del suelo, aparecen representados en el mapa de usos de suelo, obtenido a partir del Corine Land Cover 2006, (descargado desde IGN, CNIG).

A continuación se representan cartográficamente los usos del suelo existentes en la cuenca del río Veral:

Como se puede interpretar al ver el mapa de usos de suelo de la Cuenca del río Veral, la inmensa mayoría de la superficie de ésta, se encuentra cubierta por algún tipo de vegetación, (se localiza en pleno Pirineo), por lo que abundan los bosques tanto de frondosas, como de coníferas. Además, destaca la importante cantidad de bosques mixtos y espacios con vegetación de tipo arbustiva. Existe un gradiente latitudinal en lo referente a cubierta vegetal, ya que las zonas con más vegetación natural, se localizan al norte de la cuenca de estudio, mientras que conforme se desciende hacia el sur, la vegetación comienza a disminuir, ganando presencia las formaciones de menor porte.

Usos del Suelo: Corine Land Cover 2006. Cuenca del río Veral

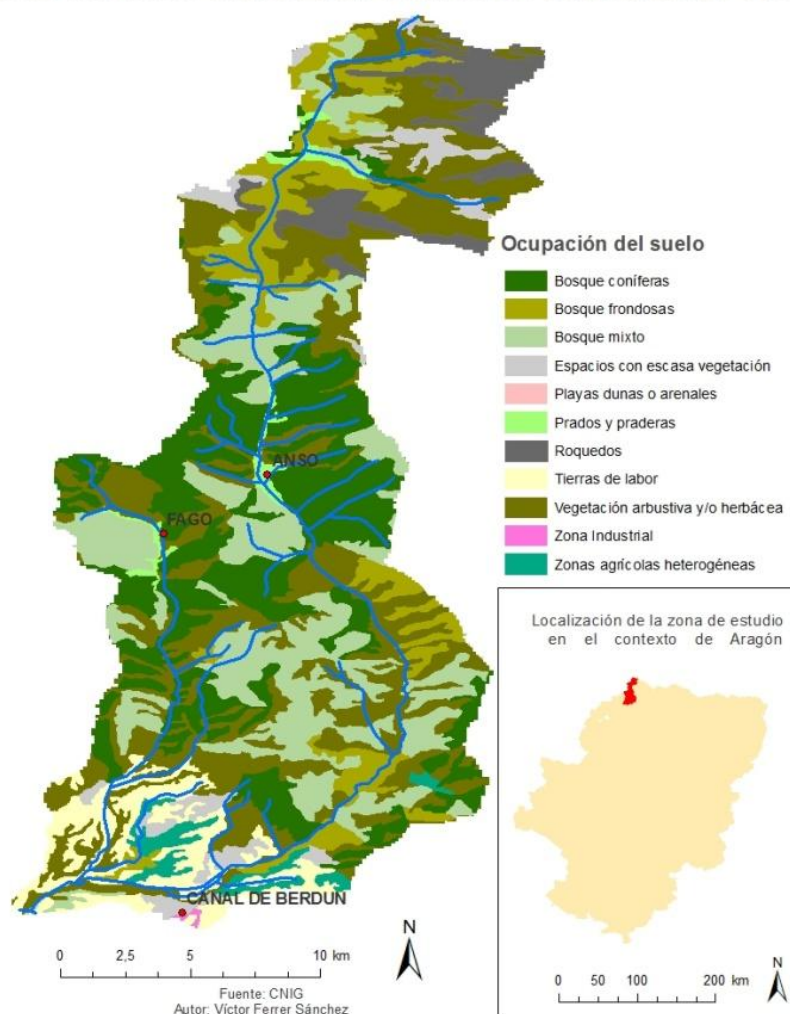


Figura 7: Mapa de usos del suelo en la cuenca del río Veral.

Fuente: CNIG. Elaboración: Víctor Ferrer Sánchez

El proceso hidrológico que predominara en estos espacios será la infiltración, ya que las cubiertas vegetales interceptan y consumen el agua, condicionando el funcionamiento de la cuenca. Al sur de la cuenca de estudio, se alterna la vegetación de porte arbustivo, con tierras de cultivo y espacios desprovistos de vegetación.

Todas estas cubiertas vegetales, no experimentan el mismo comportamiento hidrológico, sino que:

Por ejemplo en el caso de los espacios desprovistos de vegetación o roquedos, el proceso hidrológico que predominará será el de escorrentía.

Las tierras de cultivo en secano, favorecen el proceso de infiltración, ya que son zonas de poca cubierta vegetal, con escasas precipitaciones y ausencia de humedad en los suelos.

Las tierras de cultivo en regadío, pese a contar con un mayor porcentaje de vegetación, favorecen el proceso de escorrentía, ya que reciben aporte de agua antrópico, el cual unido al aporte natural, acaba saturando el suelo. Decir además que no funciona igual un bosque de frondosas y uno de coníferas, así como tampoco funciona igual un bosque con sotobosque, que uno que carece de él.

En definitiva, la cuenca del río Veral, se caracteriza por el funcionamiento prolongado del proceso de infiltración. Por ello, el río Veral, mantiene un caudal notable a lo largo de todo el año, (recibe un continuo aporte de aguas, provenientes a través de la infiltración, de la escorrentía subsuperficial y subterránea).

5.-Caracterización hidrológica de la cuenca de estudio

5.1.-Caudales

Para conocer cuál es el caudal, y como es la caudaliosidad de un curso de agua, es necesario tener en cuenta una serie de conceptos:

El caudal, es la cantidad de agua que discurre por un río, en un lugar y en un período determinado. Se mide en m^3/seg .

El caudal específico, es la cantidad de agua que discurre por un río, en un lugar, y en un periodo de tiempo determinado, puesto en relación con la extensión superficial de la cuenca. Se expresa en $\text{l}/\text{km}^2/\text{seg}$.

Además, no hay que olvidarse del concepto de módulo. En este caso el módulo se obtiene a partir del promedio de caudal de cada uno de los meses, para una serie de datos prolongada en el tiempo, o bien con los datos de caudal anual de toda esta serie.

Módulo Zuriza: **$1,79326923\text{m}^3/\text{seg}$** .

Módulo Binés: **$4,23092593\text{ m}^3/\text{seg}$** .

Como se puede intuir al observar los módulos en ambas estaciones, la mayor cantidad de caudal se localiza aguas abajo de la cabecera, (aporte de afluentes o barrancos).

El siguiente paso es calcular el caudal específico para cada una de las dos estaciones:

Caudal específico estación de Zuriza: $1793,2 \text{ litros/seg} / 47 \text{ km}^2 = 38,15 \text{ l/km}^2/\text{seg}$

Caudal específico estación de Biniés: $4230,9 \text{ litros/seg} / 161 \text{ km}^2 = 26,27 \text{ l/km}^2/\text{seg}$

Al analizar los resultados obtenidos, la cuenca del río Veral se puede afirmar que presenta un caudal específico fuerte, (entre 15-40), especialmente en la zona de cabecera. Es mayor en el caso de Zuriza, ya que en menos superficie (47 km^2), se concentra más cantidad de agua.

El caudal específico medio anual es: Débil, (si es <5), medio, (de 5-15), fuerte, (de 15-40) y muy fuerte, (de >40).

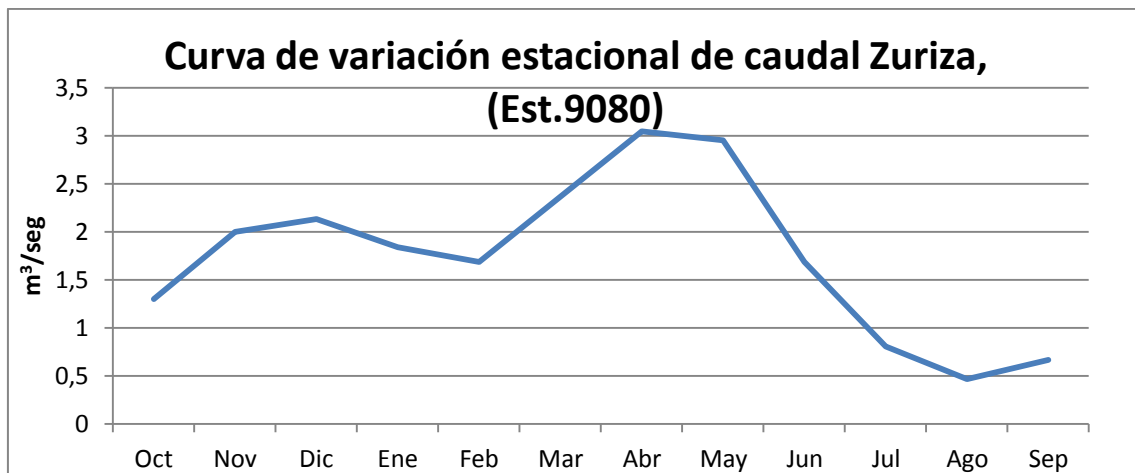
Tras analizar los resultados, se puede afirmar que el río Veral, es un río bastante caudaloso, como consecuencia de precipitaciones abundantes sobre todo en su tramo alto, tanto en forma líquida como sólida. Además, también como consecuencia de un balance hídrico positivo que hace que buena parte de esas precipitaciones lleguen, a través de los distintos tipos de escorrentía, a engrosar el caudal del río.

5.2.-Variación estacional de caudal y régimen hídrico

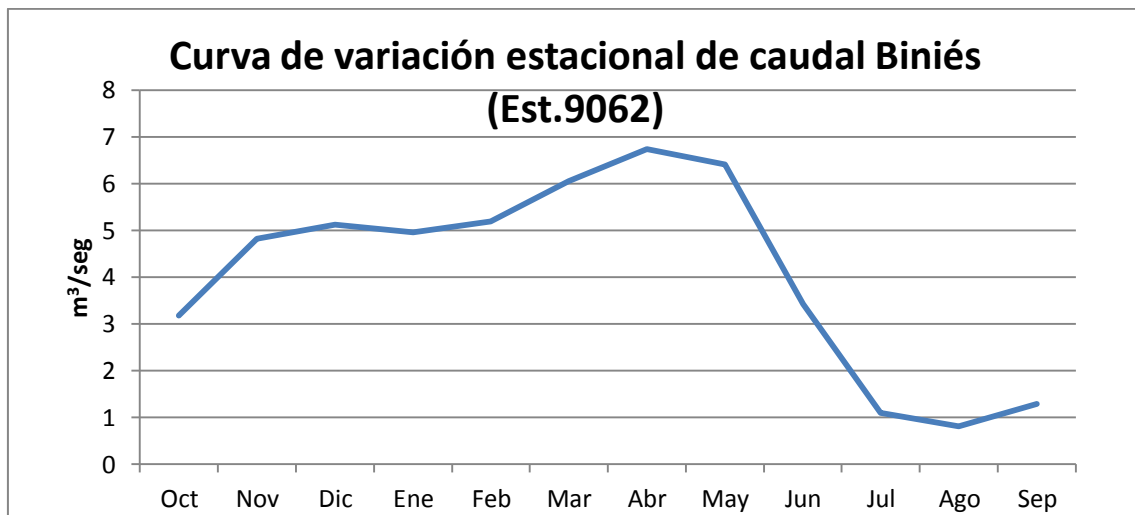
Como todos los ríos, el Veral presenta variaciones en la disponibilidad de caudal a lo largo de las diferentes estaciones del año. Estas variaciones están influenciadas por variables climáticas, de modo muy directo, pero también por otro tipo de factores como el relieve, la litología... Estas variaciones del caudal en los distintos meses definen el régimen fluvial. Según Parde, existen tres tipos de regímenes:

- Simples, con un periodo de aguas altas, y otro de aguas bajas. Régimen pluvial-nival.
- Complejos originales, con dos periodos de aguas altas, y dos periodos de aguas bajas, (en ocasiones pueden ser tres de cada tipo).
- Complejos cambiantes, se engloban grandes ríos que se engloban en zonas climáticas diferentes, presentando tramos con comportamientos diferentes.

A continuación se exponen la curva de variación estacional de ambas estaciones:



Gráfica 1: Curva de variación estacional de caudal en Zuriza. Fuente: Anuario de Aforos. Elaboración: Víctor Ferrer Sánchez



Gráfica 2: Curva de variación estacional de caudal en Biniés. Fuente: Anuario de Aforos. Elaboración: Víctor Ferrer Sánchez

Analizando las gráficas, se puede observar que ambas siguen un comportamiento similar. En lo referente al régimen hídrico, la cuenca del río Veral, puede englobarse dentro de un régimen complejo original, (ya que hay dos periodos de aguas altas, y dos periodos de aguas bajas).

A pesar de encontrarnos ante un régimen hídrico complejo original, la influencia nival es clara.

Así, el periodo principal de aguas altas se registra en primavera y tiene mucho que ver con la fusión de la retención nival invernal, aunque sumada a las lluvias propias de este equinoccio. El máximo secundario es otoñal, ligado a precipitaciones fundamentalmente líquidas. Se aprecia un mínimo principal muy acentuado durante el verano, periodo en el que ha terminado la fusión nival y se registran pocas lluvias. Un mínimo secundario, mucho menos acentuado, se

constata en invierno, estación en que la mayor parte de las precipitaciones quedan temporalmente retenidas, engrosando un manto nival que aportará agua al río durante la fusión primaveral.

El coeficiente de caudal, es la relación entre el módulo anual y el caudal medio de cada mes considerando una larga serie de años. Obtendremos valores comprendidos entre 0,1-3.

Valores de +1, (por encima del módulo), valores de +2, (duplica el módulo), y valores -1, (por debajo del módulo).

A continuación se muestran dos tablas:

Zuriza:

	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep
Medio mensual	1,30	2,00	2,13	1,84	1,69	2,36	3,04	2,95	1,68	0,80	0,46	0,66
Módulo	1,79	1,79	1,79	1,79	1,79	1,79	1,79	1,79	1,79	1,79	1,79	1,79
Coe. caudal	0,73	1,11	1,19	1,02	0,94	1,32	1,70	1,65	0,94	0,45	0,26	0,37

Tabla 2: Coeficiente de caudal en Zuriza. Fuente: Anuario de Aforos. Elaboración: Víctor Ferrer Sánchez

En el caso de Zuriza, el coeficiente de caudal se engloba en dos categorías: por un lado los meses en los que se supera el módulo, (+ de 1), que corresponden a noviembre, diciembre, enero, marzo, abril y mayo. En estos meses el coeficiente de caudal supera el módulo, (en unos casos aporte procedente de precipitaciones, y en otros procedente del deshielo). Por otro lado, aquellos meses que el coeficiente de caudal, no supera el módulo, (ya que suele corresponder a meses de verano, en los cuales no existe aporte de precipitaciones, y el río se abastezca con la escorrentía).

Biniés:

	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep
Medio mensual	3,17	4,82	5,12	4,96	5,19	6,05	6,73	6,40	3,42	1,09	0,80	1,29
Módulo	4,23	4,23	4,23	4,23	4,23	4,23	4,23	4,23	4,23	4,23	4,23	4,23
Coe. Caudal	0,75	1,14	1,21	1,17	1,23	1,43	1,59	1,51	0,81	0,26	0,19	0,30

Tabla 3: Coeficiente de caudal en Biniés. Fuente: Anuario de Aforos. Elaboración: Víctor Ferrer Sánchez

En el caso de Biniés, la situación es la misma que Zuriza, aunque hay que matizar que los coeficientes de caudal varían con respecto al caso anterior, (Biniés se localiza aguas abajo de Zuriza).

5.3.-Irregularidad interanual y coeficiente de irregularidad interanual

La irregularidad interanual, es la variación experimentada por el caudal medio anual de un río, durante una serie larga de años.

Habitualmente, se representa, analiza e interpreta con un histograma de barras, donde el eje X representa el tiempo en años, y el eje Y los valores de caudal. Aparece además una línea roja, la cual representa el módulo, (cantidad de agua que circularía por un curso fluvial, si siempre circulara por ese río la misma cantidad de agua). El módulo, reparte equitativamente todo el volumen de agua, es una cifra técnica. Permite ver como se distribuye el caudal anualmente, (por encima o por debajo del módulo).

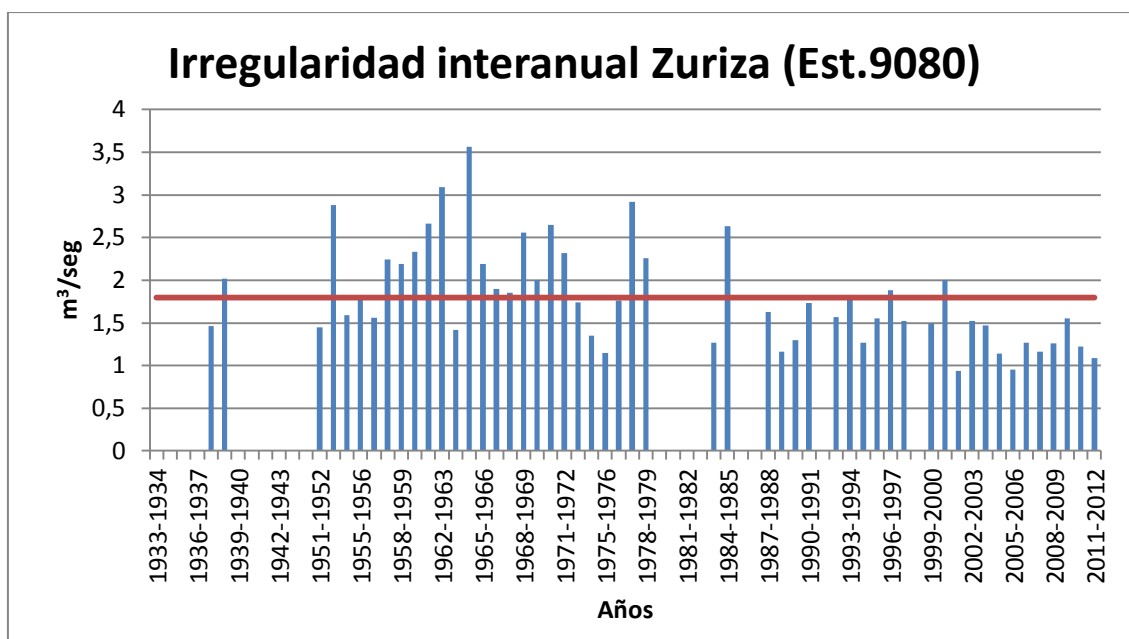
Como se observa en las gráficas, muchos de los años el caudal medio anual está por debajo del módulo. Bien es cierto que existen diferencias entre la gráfica de Zuriza, (la cual tiene una mayor cantidad de años por encima del módulo), y la de Binies. Esta diferencia puede deberse al incremento del consumo de agua aguas arriba.

Además, es necesario señalar la notable reducción del volumen de caudal en los últimos 30 años. Recordar que nos encontramos en un río pirenaico, donde el principal aporte hídrico se produce en forma de nieve. Destaca que entre los años 50-60, el caudal en ambas estaciones, se localiza por encima del módulo, ya que los registros de precipitación son mayores. En cambio en el periodo de los años 90, las precipitaciones fueron menores, unido a una reforestación de las laderas montañosas, especialmente en el tramo alto de la cuenca.³

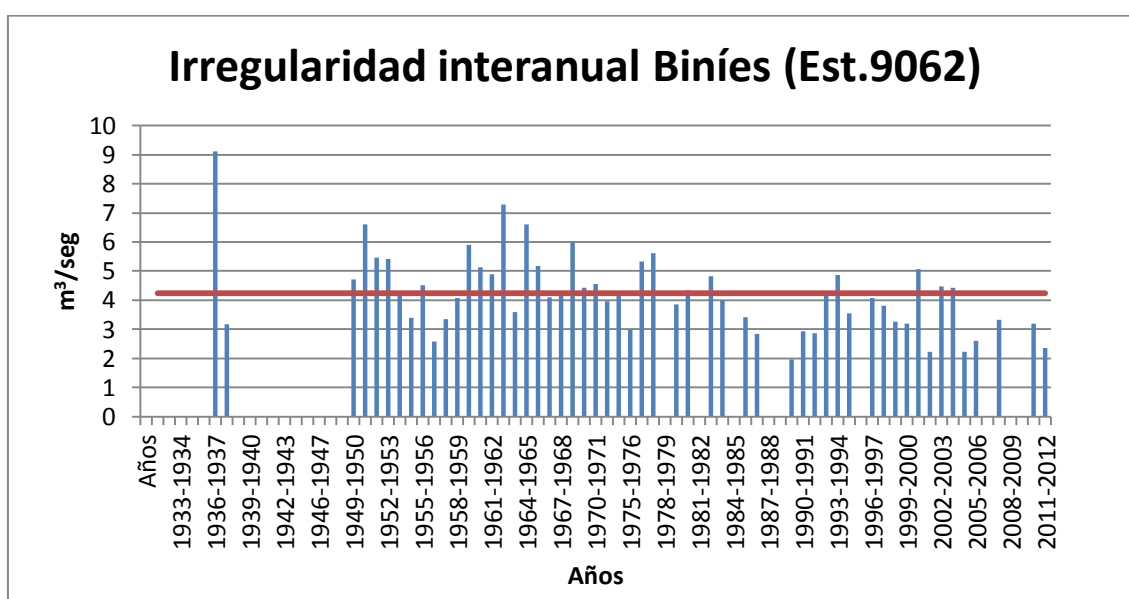
³ García-Ruiz, J.M., Beguería, S., López-Moreno, J.I., Lorente, A. y Seeger, M. (2001): "Los recursos hídricos superficiales del Pirineo aragonés y su evolución reciente. Logroño, Geoforma Ediciones.

Beguería, S., López-Moreno, J.I., Lorente, A., Seeger, M. y García-Ruiz, J.M. (2003): "Assessing the effect of climate oscillations and land-use changes on streamflow in the Central Spanish Pyrenees". *Ambio*, 32 (4), 283-286.

A continuación se muestran las gráficas de irregularidad interanual de ambas estaciones de aforo:



Gráfica 3: Irregularidad interanual Zuriza. Fuente: Anuario de Aforos. Elaboración: Víctor Ferrer Sánchez



Gráfica 4: Irregularidad interanual Binies. Fuente: Anuario de Aforos. Elaboración: Víctor Ferrer Sánchez

Otra forma de valorar la irregularidad interanual, es con el coeficiente de irregularidad que es el cociente entre el valor máximo de caudal medio anual de toda la serie, y el mínimo de caudal medio de toda la serie. Es decir, es la diferencia entre la barra más alta, y la barra más baja. Este coeficiente, nos permite comparar coeficientes de otros cursos fluviales. Los ríos de

montaña, presentan coeficientes de 2, 3,4, (irregularidad baja), la irregularidad media, (6, 7, 8, 9,10) y irregularidad alta, (+10), como los ríos mediterráneos.

A continuación se muestran el coeficiente de irregularidad interanual para las dos estaciones estudiadas:

En el caso de Zuriza: **$3,56/0,94= 3,79$**

En el caso de Binies: **$9,11/1,96=4,64$** .

Al observar los resultados, se puede afirmar que nos encontramos ante un río claramente de montaña, ya que el valor que aporta el coeficiente de irregularidad interanual se sitúa próximo a 4. Este valor lo define como un río bastante regular en cuanto a las aportaciones que conduce anualmente hasta el Aragón.

6.-Fenómenos extremos: Estudio de las crecidas

Las crecidas, son aumentos repentinos y acentuados del caudal, (para considerarse crecida, se debe superar al menos dos veces el módulo, según los criterios más tradicionales), aunque existen varios criterios diferentes dependiendo de las características del río. Actualmente, los estudios de las crecidas tienden a considerar varios umbrales para determinar no sólo su existencia sino su rango; así se analizan los valores de caudal que superan en tres, cinco y diez y veinticinco veces el módulo.

La representación de las crecidas, se lleva a cabo con el hidrograma de crecida, (en el eje horizontal representamos la fecha, mientras que en el eje vertical representamos el caudal).

Las crecidas, pueden originarse por varias causas: Crecidas originadas por causas naturales, provocadas por una precipitación intensa, por el deshielo, por la rotura de arcos morrénicos, bloques o muros de hielo, desprendimientos de ladera o por la dinámica costera. Crecidas originadas por causas antrópicas, por ejemplo la rotura de una presa, la deforestación, la canalización de cauces, determinadas prácticas agrícolas... (las causas antrópicas, no producen por sí mismas la inundación, sino que incentivan los efectos producidos por una inundación de causa natural).

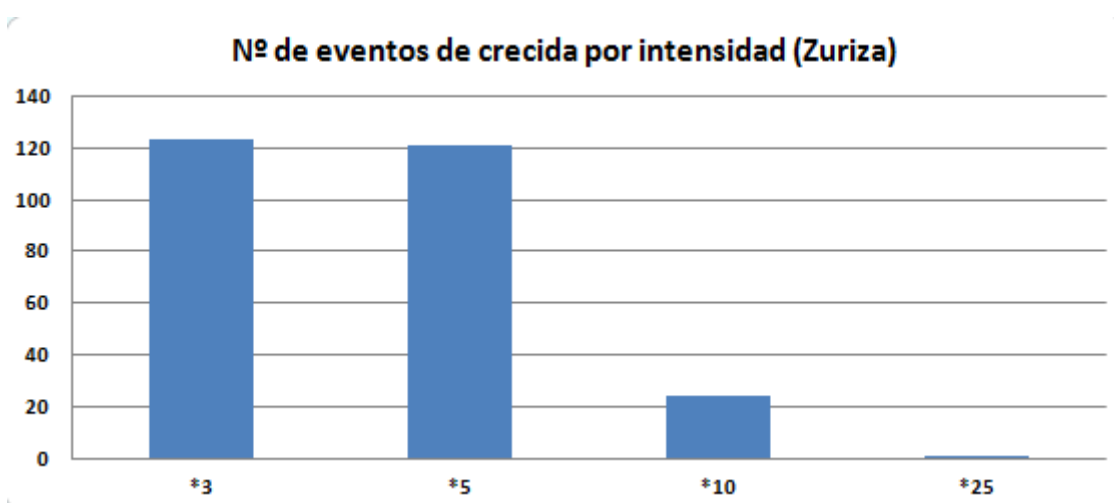
6.1.-Caracterización de las crecidas en el río Veral

El río Veral, es un río pirenaico, afluente del río Aragón. Destaca por la cantidad de eventos de crecida que se originan en su cuenca. Por ello, se ha decidido estudiar este tipo de fenómenos extremos, con el objetivo de lograr establecer una serie de conclusiones.

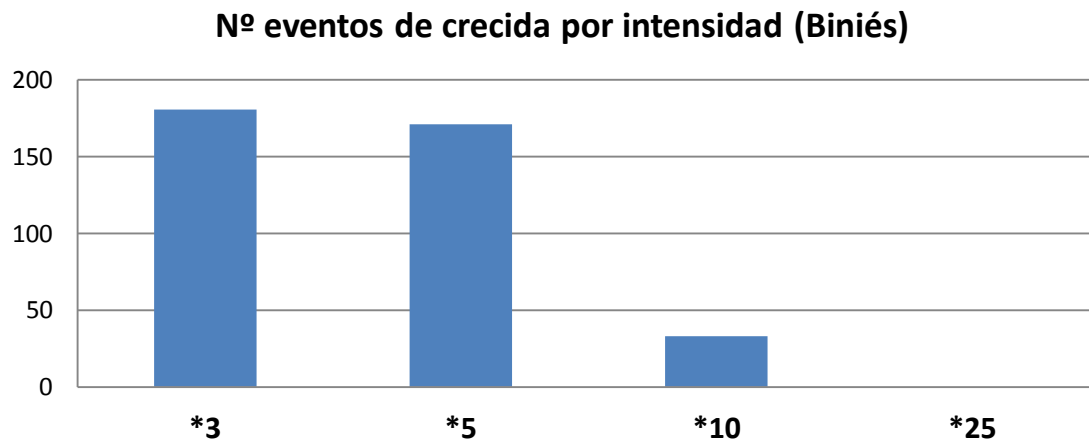
Para analizar exhaustivamente las crecidas en la cuenca del río Veral, hay que recordar que se va a trabajar con datos provenientes de dos estaciones de aforo: Zuriza, (situada en cabecera), y Binies, (aguas abajo de la primera). Los registros disponibles configuran en Zuriza una serie de 70 años, 52 de ellos con observación completa, que abarcan desde 1933/34 al 2011/2012. En Biniés la serie es de 77 años, 54 con observación completa, desde 1931/32 a 2011/2012.

6.1.1.- Número de eventos de crecida

El primer paso para analizar estos fenómenos, es contabilizar el número de eventos de crecida, además de clasificarlos por intensidad. Se ha considerado crecida, aquellos caudales que superen el módulo al menos tres veces. En el caso de Zuriza el módulo es de: **1,79326923m³/seg**, mientras que en Binies, el módulo alcanza los: **4,23092593 m³/seg**.



Gráfica 5: Nº de eventos de crecida por intensidad en Zuriza Fuente: Anuario de Aforos. Elaboración: Víctor Ferrer Sánchez



Gráfica 6: Nº de eventos de crecida por intensidad en Biniés. Fuente: Anuario de Aforos. Elaboración: Víctor Ferrer Sánchez

Como se puede observar al analizar las dos gráficas, la tendencia en ambas estaciones es la misma. Predominan, como es lógico, los eventos de crecida que multiplican el módulo por 3 y por 5 veces, reduciéndose notablemente el número de eventos que superan 10 veces el módulo, y mucho menos el caso de superar 25 el módulo. Comentar que superar 25 veces el módulo, es una crecida muy considerable. Destacar que en la gráfica de Biniés, se observa como aumentan el número de eventos de crecida, (al encontrarse aguas abajo, existe una mayor capacidad para concentrar el agua). Esto traducido en cifras significa que durante la segunda mitad del siglo XX y la primera década del XXI el río Veral ha experimentado más de 120 eventos de crecida, superándose tan sólo en una veintena de ellos un caudal que multiplique por diez veces el módulo, generándose en estos casos crecidas de carácter extraordinario.

6.1.2.- Frecuencia, volumen y reparto temporal de las crecidas

Otro dato importante para analizar, es el máximo instantáneo mensual. Para su visualización se realiza una tabla donde se muestran cuales son caudales máximos instantáneos mensuales, todo ello ordenado por meses y por años. Se incluyen los registros desde mitad del siglo XX que es cuando adquieren mayor continuidad. Se trata de apreciar los casos en los que estos caudales máximos instantáneos mensuales superan los umbrales de crecida de diferentes rangos. De esta manera en esta tabla, se puede ver la tendencia que siguen los caudales en los diferentes meses a lo largo del año, y establecer una serie de conclusiones.

Tabla máximo instantáneo mensual Zuriza.

*3	5,4
*5	9,0
*10	17,9
*25	44,8

	1961-1962	1962-1963	1963-1964	1964-1965	1965-1966	1966-1967	1967-1968	1968-1969	1969-1970	1970-1971	1971-1972	1972-1973	1973-1974	1974-1975	1975-1976	1976-1977	1977-1978	1978-1979	1979-1980	1980-1981	1981-1982	1982-1983	1983-1984	1984-1985	1985-1986	1986-1987	1987-1988	1988-1989	1989-1990	1990-1991	1991-1992	1992-1993	1993-1994	1994-1995	1995-1996	1996-1997	1997-1998	1998-1999	1999-2000	2000-2001	2001-2002	2002-2003	2003-2004	2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010	2010-2011	2011-2012
Oct	3	4	8	15	30	4	5	3	1	1	3	3	2	19	36	3	20	43	3	32	1	9	4	8	21	14	9	12	17	57	32	24	5	8	1	12	38	35	87	7	32	10	17	16	4	26	16	14	10		
Nov	25	29	19	13	53	21	108	12	6	1	6	2	2	21	8	1	6	-	2	116	8	29	10	17	4	8	15	8	13	17	10	39	34	37	58	16	9	37	7	22	33	7	6	35	33	26	18	23	38		
Dic	11	33	15	18	24	3	10	22	2	1	15	2	1	10	46	12	-	-	24	10	3	15	9	15	20	5	14	7	4	23	8	20	33	29	48	22	13	35	1	22	22	10	5	20	3	4	24	26	13		
Ene	13	25	7	21	3	6	5	20	3	3	3	4	2	6	6	31	-	-	-	5	11	13	3	8	13	0	10	9	2	2	11	20	19	23	15	17	1	23	4	10	27	21	4	2	17	28	5	12	19		
Feb	9	4	24	18	7	6	4	11	17	1	2	1	5	15	4	33	-	-	13	13	12	10	-	11	11	3	12	-	4	1	9	10	2	5	1	9	24	12	6	10	7	2	3	19	3	3	16	18	4		
Mar	48	17	17	9	39	20	5	7	7	8	8	2	2	4	9	5	-	-	11	4	12	3	7	8	11	11	5	18	4	6	7	7	11	1	4	24	2	29	11	30	11	10	12	3	11	5	16	26	3		
Abr	21	11	15	16	17	27	10	5	35	17	13	8	2	7	27	8	-	-	8	-	8	15	18	18	20	16	13	7	18	11	12	5	11	5	13	20	23	17	6	6	10	19	8	16	15	12	7	10	32		
May	11	21	3	8	8	17	20	10	30	15	11	6	3	8	21	19	-	-	7	9	14	11	18	-	7	11	18	11	9	12	17	20	15	21	32	20	17	7	12	4	9	17	4	7	23	10	16	3	11		
Jun	13	7	15	10	3	6	31	11	25	15	11	2	3	19	13	20	12	29	16	-	-	12	2	-	16	3	5	5	-	25	5	2	5	15	7	7	26	1	8	5	2	4	4	8	10	9	15	2	11		
Jul	0	11	3	2	1	8	15	3	6	6	16	2	2	26	11	1	2	2	6	-	-	1	3	4	-	21	6	6	2	-	0	0	4	5	25	11	8	11	11	2	1	6	0	6	0	0	7	53	3	12	
Ago	0	12	1	3	3	5	3	1	1	42	4	3	1	5	3	5	9	0	8	-	-	2	4	11	1	6	13	1	0	-	18	0	0	18	20	5	9	2	2	3	1	8	0	8	4	3	2	8	30	5	
Sep	1	15	3	1	1	13	14	1	0	3	1	3	2	1	7	22	13	0	9	0	13	3	11	4	3	4	2	6	-	21	12	7	9	5	68	15	2	3	3	46	4	9	55	1	3	3	1	2	5		

Tabla 4: Tabla de máximo instantáneo mensual Zuriza. Fuente: Anuario de Aforos. Elaboración: Víctor Ferrer Sánchez. **Anexo 2**

En el caso de Zuriza, se observa como los máximos instantáneos mensuales se localizan principalmente en los meses de octubre, noviembre, diciembre, enero y febrero. Las causas pueden deberse a precipitaciones intensas en forma de lluvias, y conforme va entrando el invierno, crecidas producidas por deshielos repentinos, (por ejemplo una precipitación en forma de lluvia que derrite rápidamente la nieve). Es importante recordar que en este punto del río, la cuenca abarca poca superficie, es decir todos los procesos aparecen más concentrados.

Además, se observan una serie de máximos aislados, de los cuales destacan los acontecidos en verano, (originados por episodios de tormentas). Llama la atención como se concentran los máximos de octubre, noviembre y diciembre en los último 20 años, está asociado a un cambio en la dinámica de las precipitaciones y de la acumulación de nieve que inevitablemente hace pensar en el tan debatido tema del cambio climático.

Destacan además una serie de años hidrológicos, (por concentrar bastantes crecidas de importancia). Por ejemplo destacan los años hidrológicos: 66-67, 78-79, 94-95, 96-97, 97-98, 00-01, o 03-04.

En general, se aprecia que son muchos los meses en los que su máximo instantáneo supone crecida. Esto confirma lo que ya se ha constatado al ver el número de eventos de crecida: estas son muy abundantes en el Veral.

Tabla máximo instantáneo mensual Biníes.

*3	12,7
*5	21,2
*10	42,3
*25	105,8

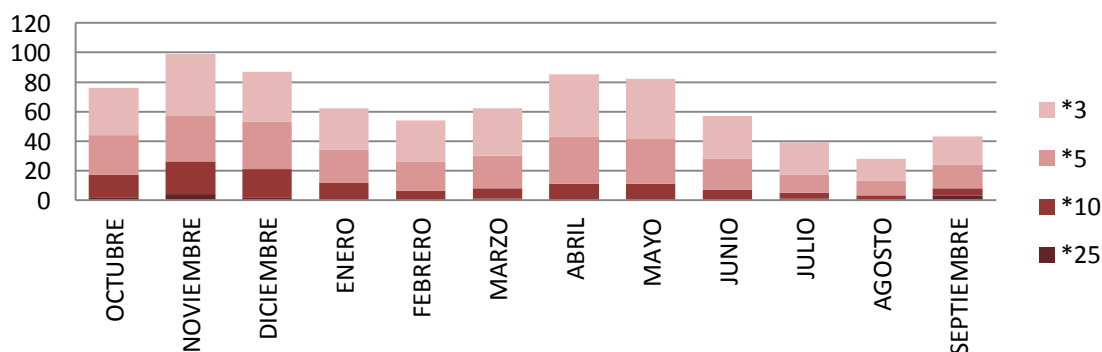
	1953-1954	1954-1955	1955-1956	1956-1957	1957-1958	1958-1959	1959-1960	1960-1961	1961-1962	1962-1963	1963-1964	1964-1965	1965-1966	1966-1967	1967-1968	1968-1969	1969-1970	1970-1971	1971-1972	1972-1973	1973-1974	1974-1975	1975-1976	1976-1977	1977-1978	1978-1979	1979-1980	1980-1981	1981-1982	1982-1983	1983-1984	1984-1985	1985-1986	1986-1987	1987-1988	1988-1989	1989-1990	1990-1991	1991-1992	1992-1993	1993-1994	1994-1995	1995-1996	1996-1997	1997-1998	1998-1999	1999-2000	2000-2001	2001-2002	2002-2003	2003-2004	2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010	2010-2011	2011-2012
Oct	51	10	24	74	4	10	19	44	33	11	22	30	58	21	4	4	12	9	11	8	46	46	-	32	81	8	81	2	20	2	23	-	5	51	26	95	64	69	3	8	1	18	44	53	95	17	71	17	20	32	5	7	19	21	9				
Nov	51	32	17	20	10	20	40	28	97	6	44	27	115	47	62	56	51	7	68	21	61	16	2	15	24	7	106	13	122	12	66	-	35	27	36	31	29	121	48	43	68	22	20	72	11	33	76	11	10	58	35	34	30	33	42				
Dic	25	48	38	20	5	51	38	29	21	69	46	37	46	22	44	46	3	10	17	27	63	23	28	23	46	75	37	23	24	19	48	9	22	21	5	81	60	58	80	70	85	28	27	36	2	38	71	22	11	32	5	-	-	42	23				
Ene	28	68	42	37	20	9	30	33	48	53	0	42	6	24	34	74	24	23	26	2	57	10	58	22	50	-	8	23	50	10	16	6	16	21	1	3	57	58	41	66	34	22	3	42	5	31	54	31	10	2	32	-	-	20	25				
Feb	43	63	6	31	23	3	26	34	18	11	40	37	15	25	22	19	48	59	19	17	54	51	52	14	22	30	56	26	27	16	13	72	5	6	1	24	24	15	11	3	12	34	21	11	38	17	4	5	55	4	31	-	34	5					
Mar	51	15	43	80	84	23	7	73	37	29	20	81	22	47	19	12	14	18	10	8	32	31	30	46	30	8	33	9	15	12	15	2	58	8	11	13	37	18	2	9	35	2	54	36	50	40	14	36	23	24	12	-	41	4					
Abr	18	3	37	11	18	16	17	21	41	26	62	33	34	45	67	15	83	22	58	10	27	43	36	16	30	11	40	47	38	30	55	21	16	16	47	25	20	8	19	9	35	52	35	24	19	12	26	31	13	37	34	31	13	18	44				
May	45	5	106	12	19	30	43	46	12	44	7	20	18	30	41	21	55	29	29	10	45	40	76	24	58	9	23	27	17	30	3	10	45	20	22	24	35	40	30	28	35	34	69	15	18	8	34	19	7	11	42	19	30	5	28				
Jun	14	85	20	51	10	12	55	15	28	17	9	23	7	14	123	26	15	46	12	13	44	13	86	22	8	14	9	30	22	5	5	5	8	11	19	21	8	6	-	27	10	6	34	3	17	5	6	5	3	8	22	11	25	4	14				
Jul	13	5	6	3	4	2	4	2	7	25	2	5	2	11	85	6	63	8	1	11	39	4	4	4	2	5	3	6	1	2	28	2	2	1	9	0	1	1	-	105	17	6	6	5	2	32	4	0	4	1	3	4	97	5	48				
Ago	2	6	1	1	5	15	47	6	0	27	3	8	8	8	2	1	4	67	27	13	26	2	2	7	23	9	8	2	-	3	1	3	1	0	128	5	40	7	3	5	2	4	1	1	8	1	4	-	4	3	1	1	94	17	1				
Sen	2	9	25	1	10	10	39	25	8	33	10	2	3	17	12	2	10	12	27	20	2	1	37	27	22	15	12	17	-	9	2	1	23	8	31	37	21	7	10	16	51	26	1	2	2	58	5	4	61	2	2	1	1	2					

Tabla 5: Tabla de máximo instantáneo mensual Biniés. Fuente: Anuario de Aforos. Elaboración: Víctor Ferrer Sánchez. **Anexo 3**

En el caso de Biníes, la tendencia es la misma, los máximos se concentran entre los meses de octubre a abril. Cabe destacar que Biníes se localiza en la parte baja de la cuenca, por lo que se ve influenciado por fenómenos más dispares que en el caso de Zuriza. Aunque siguen siendo muy numerosos los meses cuyo máximo instantáneo supone crecida.

Al igual que en el caso de Zuriza, en Biniés destacan una serie de años hidrológicos que concentran gran cantidad de crecidas de importancia: 68-69, 76-77, 80-81 o 94-95.

Reparto de las crecidas por meses y su intensidad Zuriza

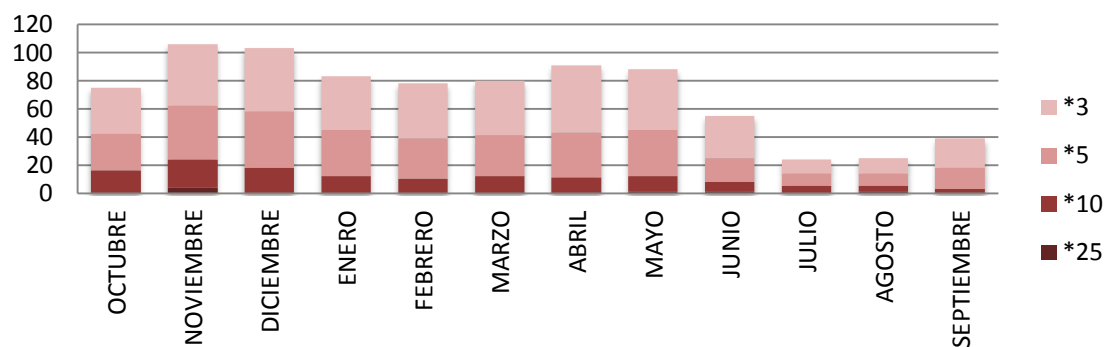


Gráfica 7: Reparto de las crecidas por meses y su intensidad Zuriza. Fuente: Anuario de Aforos. Elaboración: Víctor Ferrer Sánchez

Al observar la gráfica del reparto de las crecidas por meses y su intensidad en Zuriza, se pueden obtener una serie de conclusiones al respecto. La mayoría de las crecidas en esta

estación tienen lugar entre los meses de octubre a diciembre, originadas por lluvias intensas y deshielos parciales de las primeras nevadas. El siguiente pico de crecidas, se localiza en los meses de abril y mayo, (originadas a causa del deshielo). Llama la atención que en los meses donde más crecidas se producen, existe una mayor posibilidad de que las crecidas sean de carácter intenso, (por 10 y por 25). También puede destacarse que todo el año hay posibilidad de registro de crecidas, si bien es el verano la época de menor frecuencia.

Reparto de las crecidas por meses y su intensidad Biniés



Gráfica 8: Reparto de las crecidas por meses y su intensidad Biniés. Fuente: Anuario de Aforos.

Elaboración: Víctor Ferrer Sánchez

En el caso de Biniés, la tendencia es similar a Zuriza, pero en esta estación además hay que incluir los meses de enero a marzo. Hay que recordar que la estación de Biniés, se encuentra aguas abajo de la de Zuriza, por lo tanto se ve influenciada por una mayor superficie de cuenca.

Otro aspecto a destacar a la hora de estudiar las crecidas en el río Veral, es el reparto de las crecidas en los diferentes meses, pero en este caso teniendo en cuenta la duración de la curva de ascenso, es decir, el tiempo que tarda en llegar la punta de la crecida a la estación. Para ello, se han establecido dos tipos de crecidas:

-Por un lado crecidas cortas, cuyo tiempo de ascenso abarca hasta 20 días.

-Por otro lado crecidas largas, con un tiempo de ascenso superior a los 20 días.

A continuación se muestran dos tablas que recogen el número de crecidas, (largas o cortas), clasificadas por meses.

Tabla de Zuriza:

	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep
Cortas (hasta 20 días)	27	39	35	29	24	27	30	16	7	5		11
Largas (más de 20 días de ascenso)		2	1	1	3	3	4	3				1

Tabla 6: Tabla que recoge el número de crecidas, (cortas o largas) y su clasificación en meses en Zuriza.

Fuente: Anuario de Aforos. Elaboración: Víctor Ferrer Sánchez

Tabla de Binies:

	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep
Cortas (hasta 20 días)	38	57	55	39	36	39	35	26	14	6	4	12
Largas (más de 20 días de ascenso)				2		3	5	2				

Tabla 7: Tabla que recoge el número de crecidas, (cortas o largas) y su clasificación en meses en Biniés.

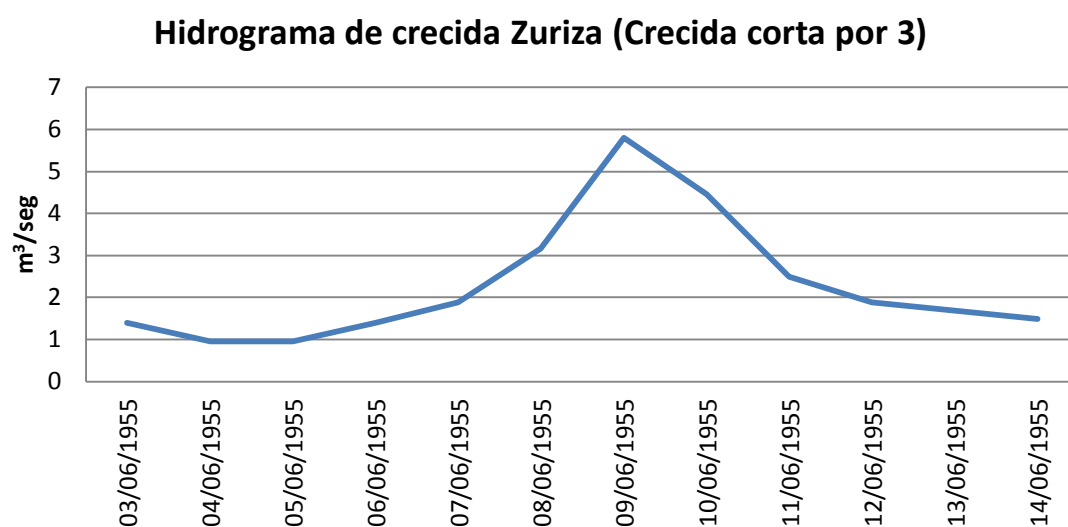
Fuente: Anuario de Aforos. Elaboración: Víctor Ferrer Sánchez

Observando las dos tablas, se puede afirmar que en la cuenca del río Veral, son de gran importancia los aportes invernales. Además cabe destacar que la mayoría de las crecidas tienen un periodo de ascenso corto, (menos de 20 días de ascenso). Por lo tanto son crecidas rápidas originadas por deshielos o precipitaciones a veces tormentosas.

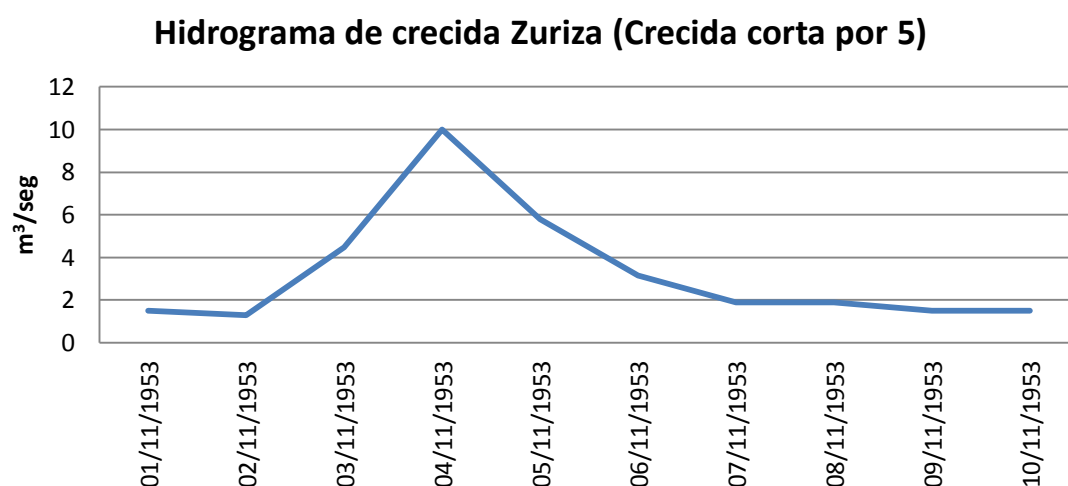
6.1.3.- Tipología de las crecidas

Una vez vistas las características generales de frecuencia, intensidad, duración..., de las crecidas, se intenta estudiar su funcionamiento a partir del análisis de diferentes hidrogramas:

Para ello, se han seleccionado una serie de crecidas representativas, concretamente ejemplos de crecidas cortas, y ejemplos de crecidas largas, para cada uno de las intensidades de las crecidas, (las que multiplican el módulo por 3, por 5, y por 10). Con los ejemplos, se observa que las crecidas, siguen unos modelos. Interpretando dichos modelos, se puede ver cuáles son las crecidas que hipotéticamente resultarían más perjudiciales.



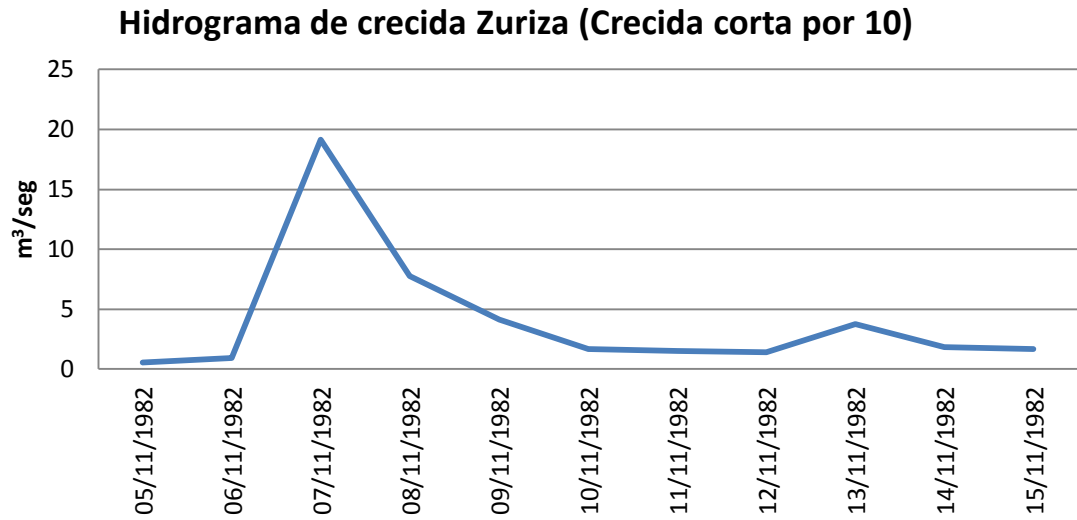
Gráfica 9: Hidrograma de crecida Zuriza. Fuente: Anuario de Aforos. Elaboración: Víctor Ferrer Sánchez



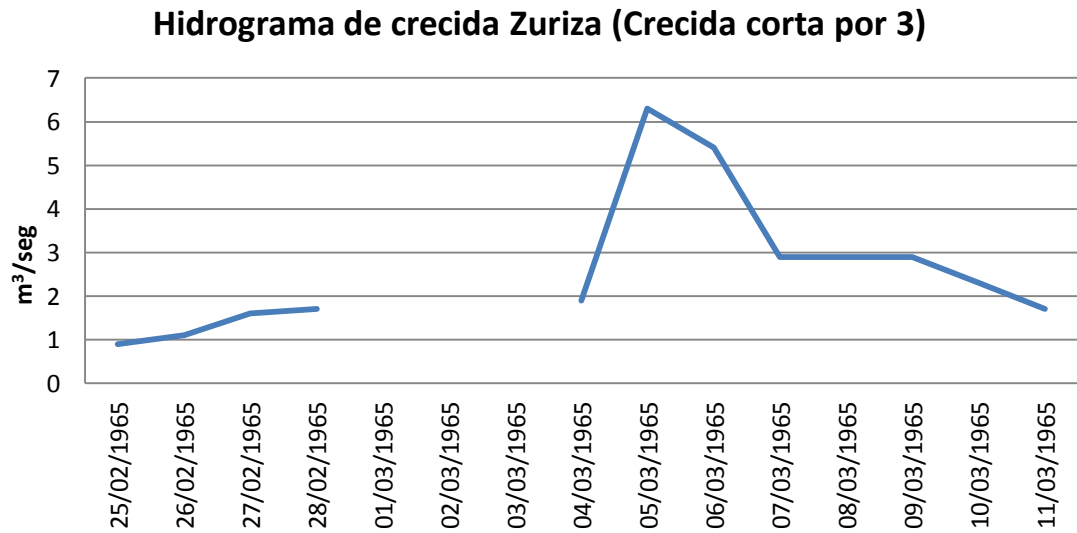
Gráfica 10: Hidrograma de crecida Zuriza. Fuente: Anuario de Aforos. Elaboración: Víctor Ferrer Sánchez

Como se observa en estas primeras gráficas, (independientemente de la intensidad de la crecida), las crecidas cortas en Zuriza, siguen un desarrollo muy simple, con una rápida y

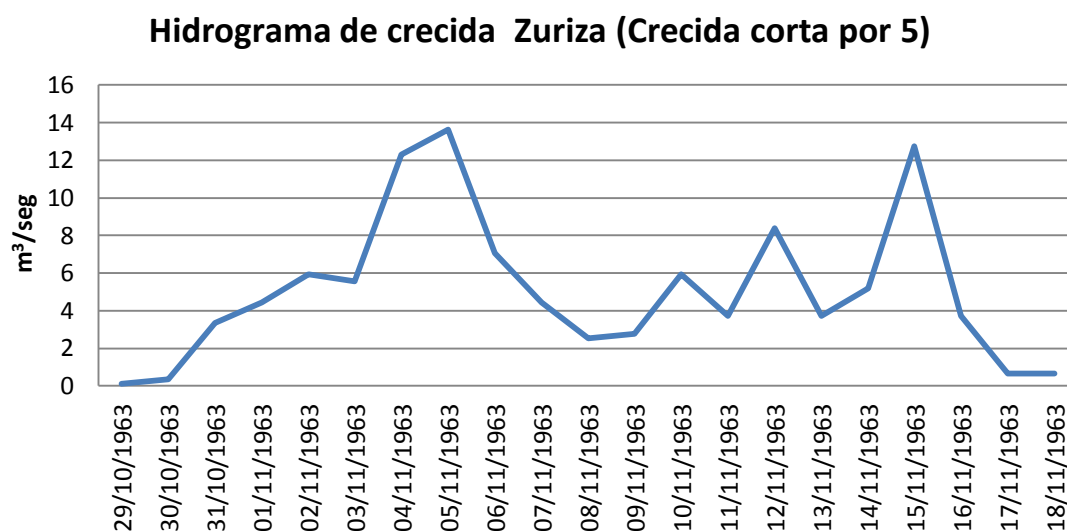
rectilínea curva de ascenso, un solo pico y una curva de descenso también continuada y rápida. Estas crecidas, se han incluido en crecida de Tipo simple.



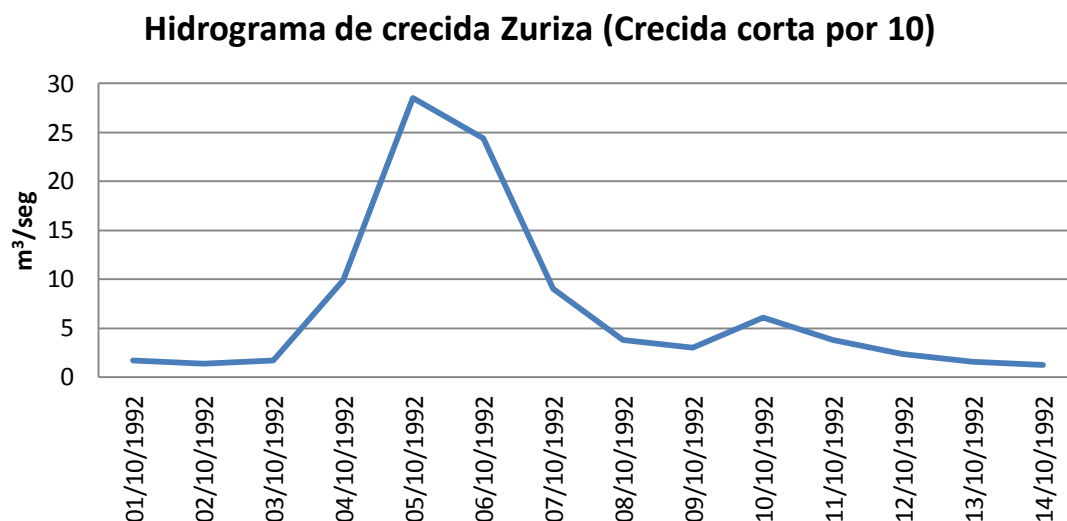
Gráfica 11: Hidrograma de crecida Zuriza. Fuente: Anuario de Aforos. Elaboración: Víctor Ferrer Sánchez



Gráfica 12: Hidrograma de crecida Zuriza. Fuente: Anuario de Aforos. Elaboración: Víctor Ferrer Sánchez

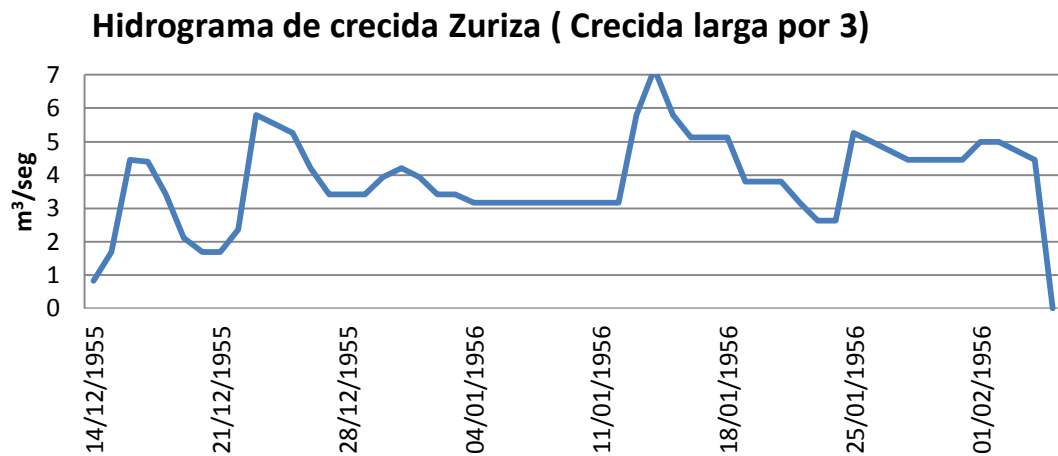


Gráfica 13: Hidrograma de crecida Zuriza. Fuente: Anuario de Aforos. Elaboración: Víctor Ferrer Sánchez

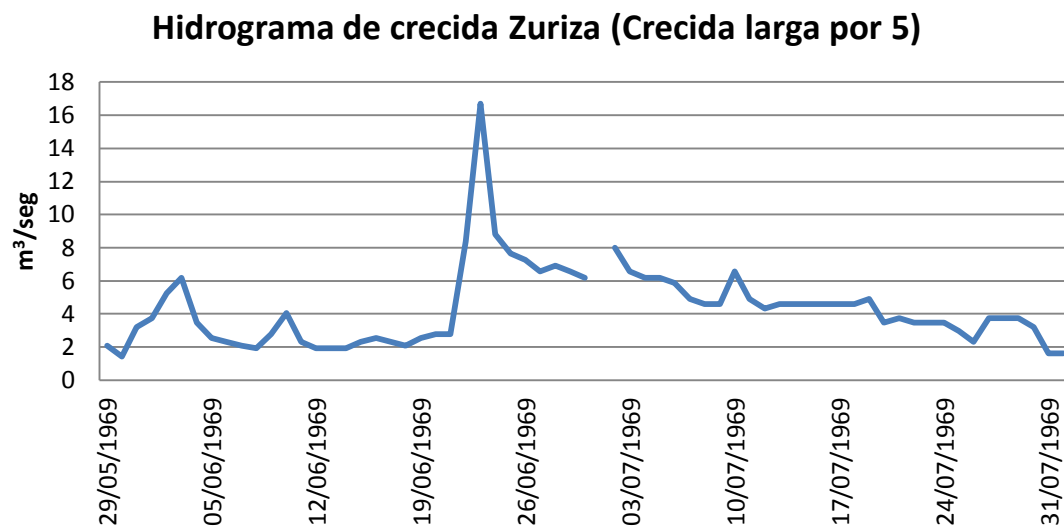


Gráfica 14: Hidrograma de crecida Zuriza. Fuente: Anuario de Aforos. Elaboración: Víctor Ferrer Sánchez

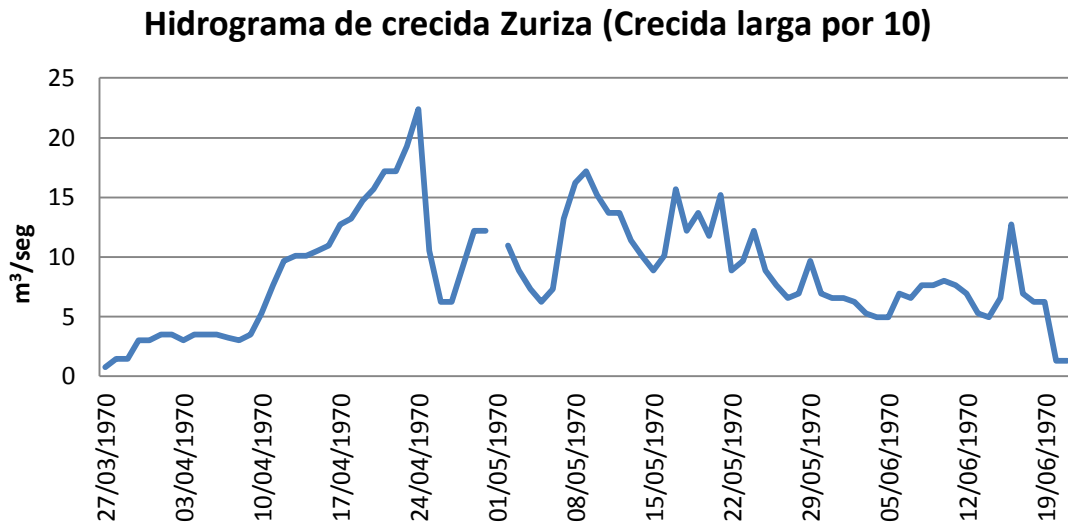
Otro tipo de crecidas que se puede apreciar es una con dos picos de crecida, y en cada uno de ellos muy continuada la curva de ascenso y descenso. El pico secundario está claro, pero a veces no es muy inferior al pico principal. Este tipo de crecidas se ha denominado Tipo simple con doble pico.



Gráfica 15: Hidrograma de crecida Zuriza. Fuente: Anuario de Aforos. Elaboración: Víctor Ferrer Sánchez

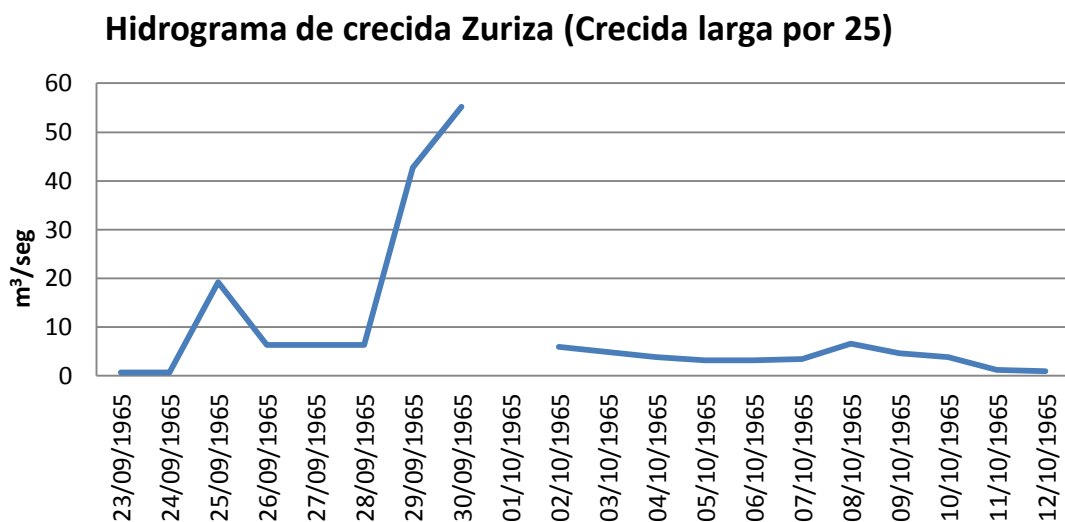


Gráfica 16: Hidrograma de crecida Zuriza. Fuente: Anuario de Aforos. Elaboración: Víctor Ferrer Sánchez



Gráfica 17: Hidrograma de crecida Zuriza. Fuente: Anuario de Aforos. Elaboración: Víctor Ferrer Sánchez

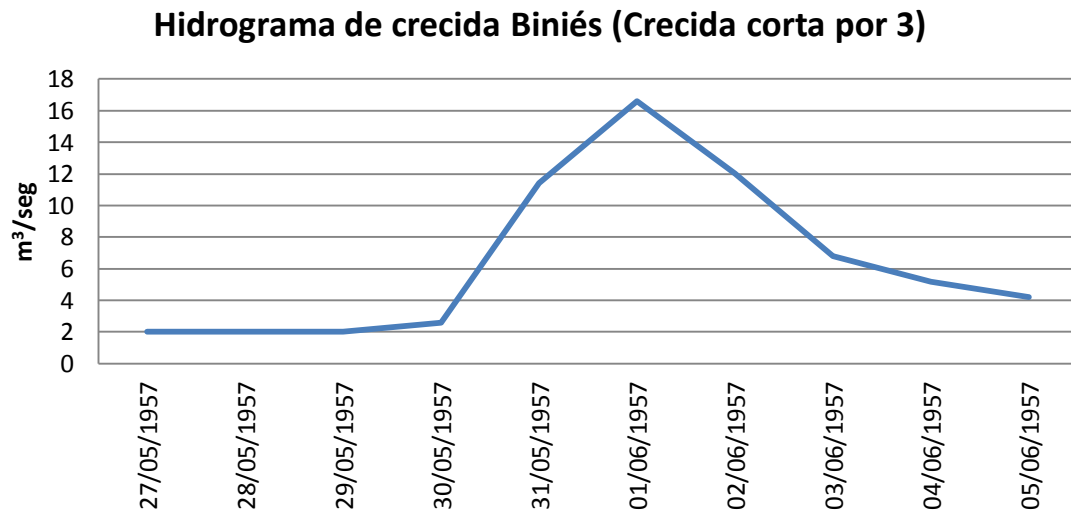
Al observar las gráficas de crecidas largas de Zuriza, se aprecia que todas ellas, siguen el mismo patrón de comportamiento. Se prolongan en el tiempo, dándose gran cantidad de altibajos hasta alcanzar el pico máximo de la crecida, bien es cierto que por encima de todos ellos, aparece una cresta más marcada, que es el verdadero pico de la crecida. Este tipo de crecidas, se engloban dentro de un tipo denominado Tipo complejo.



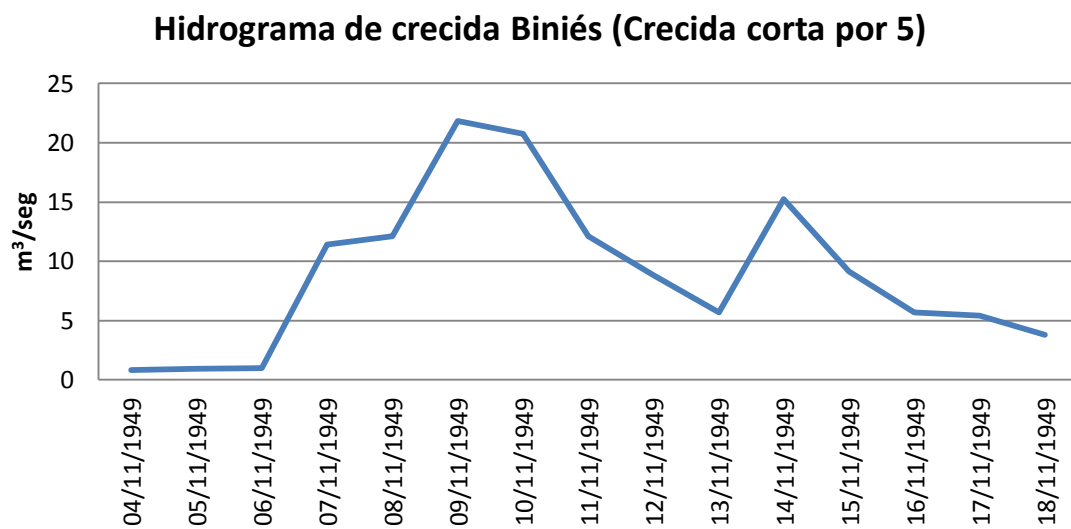
Gráfica 18: Hidrograma de crecida Zuriza. Fuente: Anuario de Aforos. Elaboración: Víctor Ferrer Sánchez

Por cantidad de caudal, se ha querido representar además una crecida que multiplique el módulo por 25. Según esta gráfica, se podría incluir en el Tipo simple con doble pico.

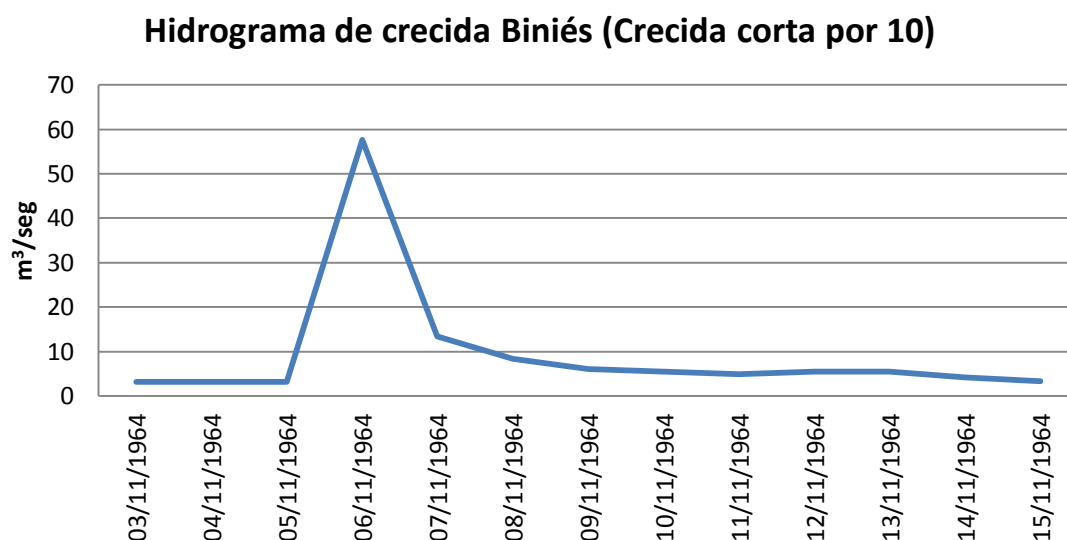
A continuación, se establecerá una categorización para las crecidas de Biniés:



Gráfica 19: Hidrograma de crecida Biniés. Fuente: Anuario de Aforos. Elaboración: Víctor Ferrer Sánchez

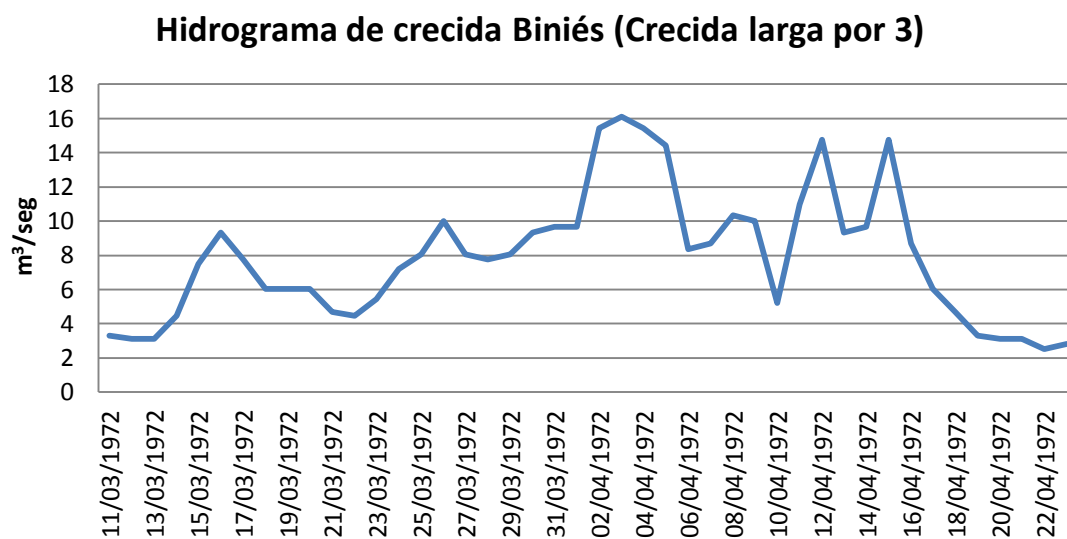


Gráfica 20: Hidrograma de crecida Biniés. Fuente: Anuario de Aforos. Elaboración: Víctor Ferrer Sánchez

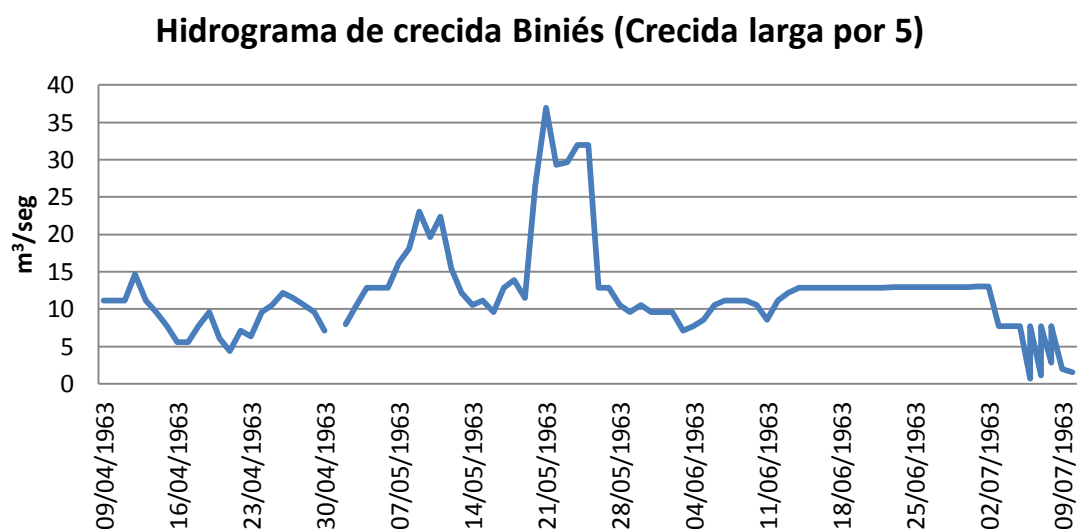


Gráfica 21: Hidrograma de crecida Biniés. Fuente: Anuario de Aforos. Elaboración: Víctor Ferrer Sánchez

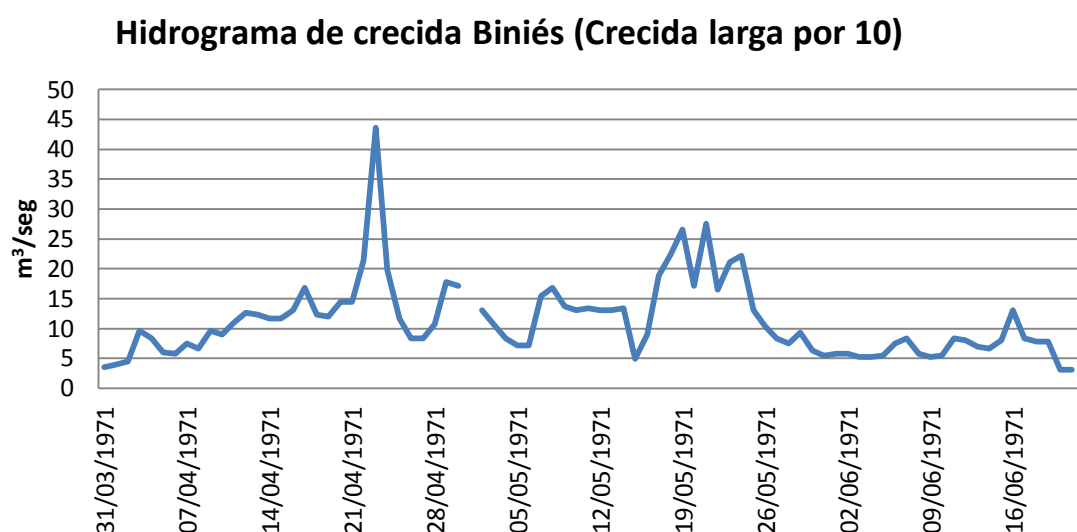
Como se puede observar en las gráficas de crecidas cortas de Biniés, la tendencia es la misma que en Zuriza, donde se siguen un patrón definido, ya que presentan una curva de ascenso de varios días, para terminar desapareciendo crecidas de Tipo simple, aunque también se observan crecidas que siguen el patrón de crecidas de Tipo simple con doble pico.



Gráfica 22: Hidrograma de crecida Biniés. Fuente: Anuario de Aforos. Elaboración: Víctor Ferrer Sánchez



Gráfica 23: Hidrograma de crecida Biniés. Fuente: Anuario de Aforos. Elaboración: Víctor Ferrer Sánchez



Gráfica 24: Hidrograma de crecida Biniés. Fuente: Anuario de Aforos. Elaboración: Víctor Ferrer Sánchez

En cuanto a crecidas largas en Biniés, no hay dudas, ya que la tendencia es la misma que en Zuriza, nos encontramos ante crecidas del Tipo complejo, con múltiples repuntes, y únicamente una cresta definida.

A modo de resumen: en Zuriza, el tipo de dos picos de crecida se constata solo de forma excepcional y el dominio se lo reparten a partes iguales los tipos simple de un solo pico y el complejo.

En cambio en Biniés, los tres tipos están bien representados, aunque predominen las crecidas de desarrollo complejo.

Aunque podíamos esperar alguna relación entre la tipología y la causa o momento en que se da la crecida, no parece observarse ninguna, ya que todos los tipos están representados en los dos momentos clave, otoño y primavera.

6.2.-Principales efectos socio-económicos de las crecidas

Las crecidas son el elemento del comportamiento hidrológico al que mayor atención se ha prestado en las últimas décadas. Sin duda, eso se debe a las consecuencias que llegan a tener cuando, en algunas ocasiones, desbordan el cauce habitual de los ríos e inundan el lecho mayor o una parte de la llanura de inundación.

La importancia de esos efectos de las inundaciones ha llevado a la elaboración, recientemente, de la Directiva Europea de Evaluación y Gestión de los Riesgos de Inundación (2007/60/CE). En ella se establecen como pautas preliminares que las inundaciones son fenómenos naturales que no se pueden evitar, que pueden producir víctimas y daños económicos graves y que se deben de implementar toda una serie de medidas encaminadas a paliar y minimizar los daños producidos por las crecidas. Para ello es necesario llevar a cabo una evaluación preliminar del riesgo de inundación, al que sigue la elaboración de cartografía de riesgos y de Planes de gestión.

Para llevar a cabo esa evaluación del riesgo es absolutamente imprescindible analizar en cada cuenca y subcuenca el comportamiento de los ríos determinando la frecuencia y volumen de las crecidas, así como la peligrosidad existente ante la exposición de personas y bienes. Y en este marco se insertaría el trabajo que hemos realizado, intentando establecer la dinámica de las crecidas en la cuenca del Veral para analizar ahora, aunque sea sucintamente, las consecuencias que pueden generar en su cuenca.

Señalar que esta directiva europea se hace efectiva en España a través del Real Decreto 903/2010, de 9 de julio, cuyo principal objetivo es “obtener un adecuado conocimiento y evaluación de los riesgos asociados a las inundaciones y lograr una actuación coordinada de todas las administraciones públicas y la sociedad para reducir las consecuencias negativas de las inundaciones”. Para ello vuelve a ser imprescindible el profundo conocimiento de la dinámica de nuestros ríos.

Como ya se ha indicado, una de las principales causas que hacen interesante el estudio de las crecidas, son los posibles efectos socio-económicos que estas tienen, tanto en el espacio como en la población. Para conocer los efectos que las crecidas históricas han tenido en la cuenca del río Veral, se han consultado una serie de documentos, que informan sobre los efectos de las crecidas. Las fuentes utilizadas para este apartado son: el Catálogo Nacional de Inundaciones históricas de Protección Civil, así como las Fichas de Crecidas en el Ebro (Tomo III), recopiladas por la Confederación Hidrográfica del Ebro para el desarrollo de su primer Plan de Cuenca en 1998.

Tras consultar dichas fuentes, los resultados obtenidos son los siguientes:

-25 de septiembre de 1965 “El río Veral, llevaba un caudal de 200 m³/seg a su paso por Biniés el día 30”. No se nombra nada referente a daños socio-económicos, pese a la importancia del caudal recogido.

-1 de noviembre de 1968 “La estación de aforo de Zuriza, registro en esta fecha un caudal máximo de 106,2 m³/seg. Se registraron numerosos daños en las márgenes del río”.

Como se puede observar existe muy poca información referente a los efectos socio-económicos en la zona. Es necesario recordar que la exposición es muy escasa, ya que la poca población que habita este espacio, lo hace a bastante distancia del cauce del río Veral, por lo que no hay daños relevantes, a pesar de la gran cantidad de avenidas que se originan en la zona. Un ejemplo de espacio más expuesto a las crecidas, sería el Camping de Zuriza:



Figura 8: Camping de Zuriza. Fuente: Google Maps

Esta edificación, construida en 2005, es una de las más expuestas al peligro en toda la cuenca del río Veral, (por proximidad). Pese a ello, no se tiene constancia de daños sufridos en los 10 años que lleva construida, además de se intuye que el agua, en épocas de crecidas, sigue la tendencia a desplazarse hacia la izquierda de la imagen.

Esto corrobora la afirmación anteriormente expuesta de que la zona se caracteriza por una escasa exposición al riesgo, (de ahí la escasez de noticias y efecto socio-económicos derivados).

En definitiva, las crecidas del río Veral se producen con una frecuencia considerable, pero no generan grandes riesgos en la zona, ya que las poblaciones están dispuestas en pequeñas elevaciones topográficas y la llanura de inundación no está ocupada por instalaciones industriales o ganaderas. La afección parece reducirse a la inundación de campos de cultivo que, aun teniendo su importancia, no es especialmente relevante, máxime en esta zona donde no hay extensas áreas de regadío con sus correspondientes infraestructuras. Quizás el camping instalado en fechas relativamente próximas en Zuriza es el único elemento discordante que ha incrementado algo ese posible riesgo.

7.-Conclusiones

-El río Veral, es un río corto (unos 40 km), que ocupa una cuenca de tamaño medio, (271 km²). A pesar de eso, tiene gran importancia como afluente del río Aragón, ya que le aporta una gran cantidad de caudal a lo largo de todo el año.

-La cuenca del río Veral, se caracteriza por localizarse a una elevada altitud, (nace en el Pico Pinare II a 2360 metros), por lo que los aportes de agua en la cuenca serán tanto líquidos como sólidos. Además, tienen gran importancia las elevadas pendientes que existen en las zonas mayor altitud. Estas pendientes, favorecen el proceso de escorrentía.

-La climatología en la zona es muy favorable, (recordar que la zona de estudio se encuentra en pleno Pirineo). El balance hídrico es positivo en la mayor parte de la cuenca de estudio, excepto en la zona sur de esta. Por su parte, en cabecera se registran grandes cantidades de precipitaciones, (las cuales disminuyen hacia el sur). Además hay que destacar que las temperaturas se caracterizan por tener máximos suaves, (estamos en alta montaña), y mínimos más acentuados, los cuales favorecen la acumulación de nieves en las cotas más altas. Estas nieves aportarán caudal a lo largo de una parte del año.

-La litología de la zona, favorece principalmente el funcionamiento de dos procesos hidrológicos: Por un lado, las zonas de materiales calizos, favorecerán los procesos de infiltración, mientras que los materiales detríticos, favorecerán procesos de escorrentía.

-Toda la cuenca, se caracteriza por la abundante cantidad de vegetación, especialmente en la zona de cabecera y tramo medio, (a pesar de las enormes pendientes existentes). En estos espacios la vegetación favorecerá el proceso de infiltración, incrementada por la existencia de materiales calizos. En la zona más baja de la cuenca, se alterna vegetación natural, con cultivos, por lo que unido a la existencia de materiales detríticos, se favorecerá el proceso de escorrentía.

-Todos los factores anteriormente nombrados, hacen que el río Veral sea un río con un caudal específico fuerte: Zuriza: 38,15 l/km²/seg Biniés: 26,27 l/km²/seg.

- El régimen hídrico del río Veral, es del tipo complejo original, ya que tiene dos periodos de aguas altas, (precipitaciones en forma de agua y deshielo), y dos periodos de aguas bajas, lo que influye en el coeficiente de caudal del río. Concretamente es un régimen nivo-pluvial, ya que el máximo principal está asociado al deshielo, aunque también contribuyan las lluvias primaverales, y el máximo secundario está ligado a las lluvias otoñales, con cierta aportación de los deshielos puntuales de las primeras nevadas.

-El coeficiente de irregularidad, muestra que estamos ante un río claramente de montaña, ya que se sitúa en valores próximos a 4: Zuriza: $3,56/0,94= 3,79$ Binies: $9,11/1,96=4,64$, lo que define al río Veral como un río regular.

-Las crecidas en el río Veral, se caracterizan por su abundancia, (especialmente las crecidas con intensidades que superan el módulo 3 y 5 veces). Las crecidas tienen su origen primordialmente en lluvias otoñales, y en deshielos primaverales repentinos, por ello, se concentran en los meses de otoño y primavera, si bien también se dan con relativa frecuencia en invierno.

-En cuanto a la tipología de las crecidas, se han podido distinguir tres tipos: Crecidas de tipo simple, ya que se originan en un breve periodo de tiempo, y no tienen en cuenta la intensidad. Crecidas de tipo simple doble pico, y crecidas de tipo complejo, (las cuales son menos frecuentes), y suelen corresponder con crecidas largas (más de 20 días de tiempo de ascenso).

-Los efectos socio-económicos, es el principal tema derivado de este estudio. Conociendo las crecidas, y observando la cuenca de estudio, se puede afirmar que la zona, tiene un bajo nivel de exposición y por tanto un bajo nivel de peligrosidad. Hay que hacer una excepción con el camping de Zuriza.

-El camping de Zuriza, es una edificación de nueva construcción, (data de 2005). Se encuentra muy próximo al cauce del río Veral, (el cual queda a su izquierda). Este camping, se puede ver como una zona de riesgo, ya que en los últimos años, en el río Veral no se han desarrollado crecidas de gran magnitud, por lo que no ha habido problemas socio-económicos. Pese a ello, la zona puede sufrir en cualquier momento una crecida de magnitudes considerables, (ya que tras estudiar diferentes aspectos de la cuenca de estudio), se puede afirmar que reúne la condiciones necesarias para ello.

-No hay que olvidar, que instalaciones como esta, en Biescas o Benasque, han sido pasto de crecidas, (por estar situadas en zonas que no tenían que estar). Por ello, este trabajo intenta llamar la atención sobre la zona del camping de Zuriza, ya que puede verse afectada por eventos de crecida, los cuales pueden provocar importantes daños socio-económicos.

8.-Bibliografía

Sistema de Información del Anuario de Aforos. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

Mapa geológico 1:100000. Ministerio de Medio Ambiente. Elaborado por Confederación Hidrográfica del Ebro para el Plan Hidrológico de la Cuenca del Ebro en 1998.

CNIG, dentro del IGN (Instituto Geográfico Nacional).

Atlas Climático de Aragón

Directiva Europea de Evaluación y Gestión de los Riesgos de Inundación (2007/60/CE).

Catálogo Nacional de Inundaciones históricas de Protección Civil.

Fichas de Crecidas en el Ebro (Tomo III). Confederación Hidrográfica del Ebro, Plan de Cuenca de 1998.

Google Maps

Camping de Zuriza

GEA, (Gran Enciclopedia Aragonesa).

Camarasa, A. y Mateu, J. (Coords.) (2000): "Las inundaciones en España en los últimos 20 años. Una perspectiva geográfica". Serie Geográfica, 9. Universidad de Alcalá de Henares.

Chastagnaret, G. y Gil Olcina, A. (2006): "Riesgo de inundaciones en el Mediterráneo occidental". Csa de Velázquez y Universidad de Alicante.

Tarolli, P., Borga, M., Morin, E. y Delrieu, G. (2012): "Analysis of flash flood regimes in the North-Western and South-Eastern Mediterranean regions". Natural Hazard and Earth System Sciences, 12, 1255-1265.

Terranova, O.G. y Gariano, S.L. (2014): "Rainstorms able to induce flash floods in a Mediterranean-climate region (Calabria, southern Italy)". Natural Hazards and Earth System Sciences, 14, 2423-2434.

Directiva Europea 2007/60/CE relativa a la evaluación y gestión de los riesgos de inundación, tras puesta a España por el Real Decreto 903/2010.

Acín, V., Ballarín, D., Brufao, P., Domenech, S., Espejo, F., González-Hidalgo, J.C., Granado, D., Ibisate, A., Marcén, C., Mora, D., Nadal, E., Ollero, A., Sánchez-Fabre, M., Saz, M.A., Serrano-Notivolí, R. (2012): "Sobre las precipitaciones de octubre de 2012 en el Pirineo aragonés, su respuesta hidrológica y la gestión de riesgos", en Geographicalia, 61, 101-108.

Beguería, S., López-Moreno, J.I., Lorente, A., Seeger, M. y García-Ruiz, J.M. (2003): "Assessing the effect of climate oscillations and land-use changes on streamflow in the Central Spanish Pyrenees". Ambio, 32 (4), 283-286.

Bescós, A. (2003): Las inundaciones en el río Arga: estudio hidrogeomorfológico. Tesis doctoral. Departamento de Geografía, Universidad de Alcalá.

Bescós, A. y Camarasa, A. M. (2004): "La creciente ocupación antrópica del espacio inundable y el aumento de la vulnerabilidad en las poblaciones del bajo Arga (Navarra)". Boletín de la A. G. E., 37, 101-117.

García-Ruiz, J.M., Puigdefábregas, J. y Martín-Ranz, M.C. (1983): "Diferencias espaciales en la respuesta hidrológica a las precipitaciones torrenciales de noviembre de 1982 en el Pirineo Central". Estudios Geográficos, 170-171, 291-316.

García-Ruiz, J.M., Beguería, S., López-Moreno, J.I., Lorente, A. y Seeger, M. (2001): "Los recursos hídricos superficiales del Pirineo aragonés y su evolución reciente. Logroño, Geoforma Ediciones.

López-Moreno, J.I., Beguería, S. y García-Ruiz, J.M. (2006): "Trends in high flows in the central Spanish Pyrenees: response to climatic factor or to land-use change?". Hydrological Sciences Journal, 51:6, 1039-1050.

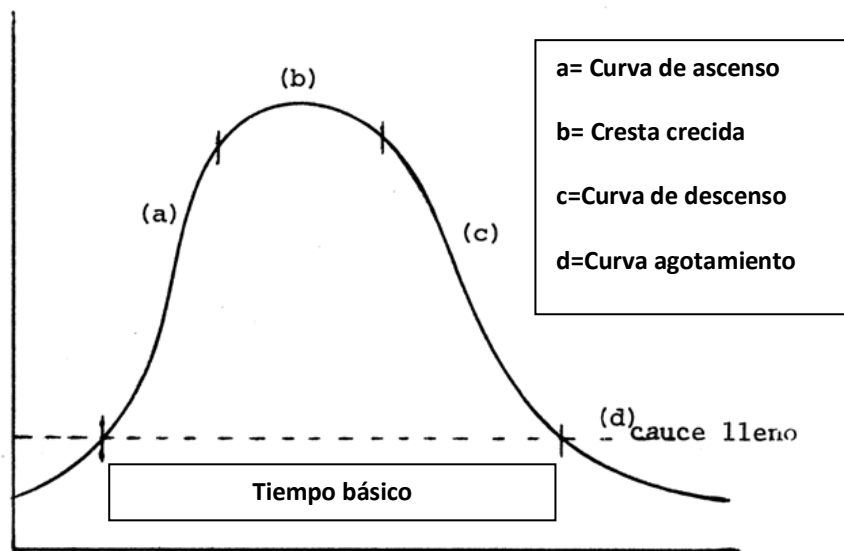
Ollero, A. (2015): "Apuntes de Geografía Física Aplicada a la Ordenación del Territorio II: El agua". Grado en Geografía y Ordenación del Territorio.

Ollero, A. (1992): Los meandros libres del Ebro medio (Logroño-La Zaida): geomorfología fluvial, ecogeografía y riesgos. Tesis doctoral. Dpto. de Geografía y Ordenación del Territorio, Universidad de Zaragoza.

Ollero, A., Pellicer, F. y Sánchez-Fabre, M. (2004): "La crecida de febrero de 2003 en el curso medio del Ebro: análisis de su evolución espacio-temporal". En Faus, M.C.(ed) Aportaciones geográficas en homenaje al Profesor Antonio Higuera Arnal. Zaragoza, Universidad de Zaragoza, 143-55.

- Ollero, A. (2007): "Territorio fluvial. Diagnóstico y propuesta para la gestión ambiental y de riesgos en el Ebro y los cursos bajos de sus afluentes". Bilbao, Bakeaz y Fundación Nueva Cultura del Agua.
- Sánchez, M. (2014). "Apuntes de Hidrogeografía". Grado en Geografía y Ordenación del Territorio).
- Puyol et all. (1986). "Diccionario de geografía". Editorial: Anaya.
- Serrano-Muela, M.P., Nadal-Romero, E., Lana-Renault, N., González-Hidalgo, J.C., López-Moreno, J.I., Beguería, S., Sanjuan, Y. y García-Ruiz, J.M. (2013): "An exceptional rainfall event in the central western Pyrenees: Spatial patterns in discharge and impact". Land Degradation & Development.

9.-Anexos



Hidrograma de crecidas con sus partes. Fuente www.fao.org: **Anexo 1**

*3	5,4
*5	9,0
*10	17,9
*25	44,8

	1961-1962	1962-1963	1963-1964	1965-1966	1966-1967	1967-1968	1968-1969	1969-1970	1970-1971	1971-1972	1972-1973	1974-1975	1975-1976	1976-1977	1977-1978	1978-1979	1979-1980	1980-1981	1981-1982	1982-1983	1983-1984	1984-1985	1985-1986	1986-1987	1987-1988	1988-1989	1989-1990	1990-1991	1991-1992	1992-1993	1993-1994	1994-1995	1995-1996	1996-1997	1997-1998	1998-1999	1999-2000	2000-2001	2001-2002	2002-2003	2003-2004	2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010	2010-2011	2011-2012
Oct	3	4	8	15	30	4	5	3	1	1	3	3	2	19	36	3	20	43	3	32	1	9	4	8	21	14	9	12	17	57	32	24	5	8	1	12	38	35	87	7	32	10	17	16	4	26	16	14	10
Nov	25	29	19	13	53	21	106	12	6	1	6	2	2	21	8	1	6	-	2	116	8	29	10	17	4	8	15	8	13	17	10	39	34	37	56	16	9	37	7	22	33	7	6	35	33	26	18	23	38
Dic	11	33	15	18	24	3	10	22	2	1	15	2	1	10	46	12	-	-	24	10	3	15	9	15	20	5	14	7	4	23	8	20	33	29	48	22	13	35	1	22	22	10	5	20	3	4	24	26	13
Ene	13	25	7	21	3	6	5	20	3	3	3	4	2	6	6	31	-	-	-	5	11	13	3	8	13	0	10	9	2	2	11	20	19	23	15	17	1	23	4	10	27	21	4	2	17	28	5	12	19
Feb	9	4	24	18	7	6	4	11	17	1	2	1	5	15	4	33	-	-	13	13	12	10	-	11	11	3	12	-	4	1	9	10	2	5	1	9	24	12	6	10	7	2	3	19	3	3	16	18	4
Mar	46	17	17	9	39	20	5	7	7	8	8	2	2	4	9	5	-	-	11	4	12	3	7	8	11	11	5	18	4	6	7	7	11	1	4	24	2	29	11	30	11	10	12	3	11	5	16	26	3
Abr	21	11	15	16	17	27	10	5	35	17	13	8	2	7	27	8	-	-	8	-	8	15	18	18	20	16	13	7	18	11	12	5	11	5	13	20	23	17	6	6	10	19	8	16	15	12	7	10	32
May	11	21	3	8	8	17	20	10	30	15	11	6	3	8	21	19	-	-	7	9	14	11	18	-	7	11	18	11	9	12	17	20	15	21	32	20	17	7	12	4	9	17	4	7	23	10	16	3	11
Jun	13	7	15	10	3	6	31	11	25	15	11	2	3	19	13	20	12	29	16	-	-	12	2	-	16	3	5	5	-	25	5	2	5	15	7	7	26	1	8	5	2	4	4	8	10	9	15	2	11
Jul	0	11	3	2	1	8	15	3	6	6	16	2	2	26	11	1	2	2	6	-	1	3	4	-	21	6	6	2	-	0	0	4	5	25	11	8	11	11	2	1	6	0	6	0	0	7	53	3	12
Ago	0	12	1	3	3	5	3	1	1	42	4	3	1	5	3	5	9	0	8	-	2	4	11	1	6	13	1	0	-	18	0	0	18	20	5	9	2	2	3	1	8	0	8	4	3	2	8	30	5
Sep	1	15	3	1	1	13	14	1	0	3	1	3	2	1	7	22	13	0	9	0	13	3	11	4	3	4	2	6	-	21	12	7	9	5	69	15	2	3	3	46	4	9	55	1	3	3	1	2	5

Tabla 4: Tabla de máximo instantáneo mensual Zuriza. Fuente: Anuario de Aforos. Elaboración: Víctor Ferrer Sánchez. **Anexo 2**

*3	12,7
*5	21,2
*10	42,3
*25	105,8

	1953-1954		1954-1955		1955-1956		1956-1957		1957-1958		1958-1959		1959-1960		1960-1961		1961-1962		1962-1963		1963-1964		1965-1966		1966-1967		1967-1968		1968-1969		1969-1970		1970-1971		1971-1972		1974-1975		1975-1976		1976-1977		1977-1978		1978-1979		1979-1980		1980-1981		1981-1982		1982-1983		1983-1984		1984-1985		1985-1986		1986-1987		1988-1989		1989-1990		1990-1991		1991-1992		1992-1993		1993-1994		1994-1995		1995-1996		1996-1997		1997-1998		1998-1999		1999-2000		2000-2001		2001-2002		2002-2003		2003-2004		2004-2005		2005-2006		2006-2007		2007-2008		2008-2009		2009-2010		2010-2011		2011-2012	
Oct	51	10	24	74	4	10	19	44	33	11	22	30	58	21	4	4	12	9	11	8	46	46	-	32	91	8	61	2	20	2	23	-	5	51	26	95	64	69	3	8	1	18	44	53	95	17	71	17	20	32	5	7	19	2	9																																																							
Nov	51	32	17	20	10	20	40	28	97	6	44	27	115	47	62	56	51	7	68	21	61	16	2	15	24	7	108	13	122	12	66	-	35	27	36	31	29	121	48	43	68	22	20	72	11	33	76	11	10	59	35	34	30	33	42																																																							
Dic	25	48	38	20	5	51	38	29	21	69	46	37	46	22	44	46	3	10	17	27	63	23	28	23	46	75	37	23	24	19	48	9	22	21	5	81	60	58	80	70	85	28	27	36	2	38	71	22	11	32	5	-	-	42	23																																																							
Ene	28	68	42	37	20	9	30	33	48	53	0	42	6	24	34	74	24	23	26	2	57	10	58	22	50	-	8	23	50	10	16	6	16	21	1	3	57	58	41	66	34	22	3	42	5	31	54	31	10	2	32	-	-	20	25																																																							
Feb	43	63	6	31	23	3	26	34	18	11	40	37	15	25	22	19	48	59	19	17	54	51	52	14	22	30	56	26	26	27	16	13	72	5	6	1	24	24	15	11	3	12	34	21	11	38	17	4	5	53	4	31	-	34	5																																																							
Mar	51	15	43	90	84	54	23	7	73	37	29	20	81	22	47	19	12	14	18	10	8	32	31	30	46	30	8	33	9	15	12	15	2	50	8	11	13	37	18	2	9	35	2	54	36	50	40	14	36	23	24	12	-	41	4																																																							
Abr	18	3	37	11	18	16	17	21	41	26	62	33	34	45	67	15	63	22	50	10	27	43	36	16	30	11	40	47	38	30	55	21	16	16	47	25	20	8	19	9	35	52	35	24	19	12	26	31	13	37	34	31	13	18	44																																																							
May	45	5	135	12	19	30	43	46	12	44	7	20	18	30	41	21	55	29	29	10	45	40	76	24	50	9	23	27	17	30	3	10	45	20	22	24	35	40	30	28	35	34	69	15	18	8	34	19	7	11	42	19	30	5	28																																																							
Jun	14	65	20	51	10	12	55	15	28	17	9	23	7	14	123	26	15	46	12	13	44	13	86	22	8	14	9	30	22	5	5	5	8	11	19	21	8	6	-	27	10	6	34	3	17	5	6	5	3	8	22	11	25	4	14																																																							
Jul	13	5	6	3	4	2	4	2	7	25	2	5	2	11	85	6	63	8	1	11	39	4	4	4	2	5	3	6	1	2	28	2	2	1	9	0	1	1	-	105	17	6	6	5	2	32	4	0	4	1	3	4	97	5	48																																																							
Ago	2	6	1	1	5	15	47	6	0	27	3	8	8	8	2	1	4	67	27	13	26	2	2	7	23	9	8	2	-	3	1	3	1	0	120	5	40	7	3	5	2	4	1	1	8	1	4	-	4	3	1	1	94	17	1																																																							
Sep	2	9	25	1	10	10	39	25	8	33	10	2	3	17	12	2	10	12	27	20	2	1	37	27	22	15	12	17	-	9	2	1	23	8	31	37	21	7	10	16	51	26	1	2	2	58	5	4	61	2	2	1	1	2	6																																																							

Tabla 5: Tabla de máximo instantáneo mensual Biniés. Fuente: Anuario de Aforos. Elaboración: Víctor Ferrer Sánchez. **Anexo 3**